BIBLIOTEKA
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA 32

Krzysztof Dąbrowski
OE1KDA

Anteny łatwe do ukrycia

Wiedeń 2016

Anteny łatwe do ukrycia

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wydanie 1

Wiedeń, wrzesień 2016

Spis treści

Sommaire
Antennes faciles à chacher

Wstęp

Fizyki nie da się oszukać. Najskuteczniejsze są zawsze anteny pełnowymiarowe dostrojone do długości nadawanej fali i żadne anteny skrócone (mechanicznie i przedłużane elektrycznie) nie mogą im dorównać. W niektórych sytuacjach anteny pełnowymiarowe mają jednak zasadniczą wadę – trudno je ukryć przed niepowołanymi oczami – w nieprzyjaznym krótkofalarstwu środowisku sąsiadów, których sam widok anten nabawia najróżniejszych dolegliwości i to mimo, że średnia liczba telefonów komórkowych na osobę w rodzinie po wyłączeniu niemowląt przekracza jedność, w sytuacjach gdy właściciele i administracje domów próbują zbić majątek na krótkofalowcach-krezusach (w ich mniemaniu) żądając wygórowanych opłat za możliwość zainstalowania anteny na dachu budynku lub w innym dogodnym miejscu. Samorządy miejskie i gminne w Szwajcarii, Niemczech i niektórych innych krajach uchwalały już wielokrotnie zakazy instalowania anten (w tym amatorskich) i budowy masztów pod pretekstem dbania o wygląd miejscowości. Jakoś dziwnym trafem nie utrudniało to rozwoju sieci telefonii komórkowej...

W takich i podobnych sytuacjach krótkofalowcy radzą sobie maskując anteny, tak aby dla niefachowego oka wyglądały jak inne niewinne konstrukcje czy ozdoby, montując je w miejscu mającym charakter prywatny – na własnych balkonach, tarasach albo parapetach okiennych, na ścianach budynków od strony możliwie jak najmniej widocznej, na strychach, poddaszach itp.

W takich sytuacjach przeważnie nie da się zainstalować anten pełnowymiarowych i konieczne jest sięgnięcie po różnego rodzaju rozwiązania zastępcze polegające albo na nietypowym sposobie rozwieszenia anteny, albo najczęściej – na korzystaniu z anten o mniejszych wymiarach. Tak więc pomimo gorszych parametrów technicznych anteny takie mogą być jedyną możliwością wyjścia w eter.

A w końcu szkoda przecież entuzjazmu i wysiłku włożonego w uzyskanie licencji, gdyby miała ona spocząć na dnie szuflady.

Ze względu na długości fal i co za tym idzie rozmiary anten sprawa jest znacznie trudniejsza na falach krótkich aniżeli na UKF-ie. W sytuacji, gdy na falach krótkich nie da się już nic osiągnąć pozostaje zwrócenie się w kierunku fal ultrakrótkich. Dzięki sprzężeniu przemienników w sieciach Echolinku, D-Starowych, DMR lub innych dostęp do najbliższego takiego przemiennika otwiera okno na prawie cały świat.

Gorszą skuteczność anten zastępczych na falach krótkich można w jakimś stopniu skompensować korzystając z łączności cyfrowych. Wiele z nich bądź to zostało specjalnie opracowanych na potrzeby łączności przy użyciu słabych sygnałów bądź też dodatkowo do innych zalet daje też lepsze wyniki przy niskich stosunkach sygnałów użytecznych do szumów i zakłóceń.

Poprawa słyszalności własnych sygnałów przez podwyższenie mocy nadawania nie zawsze okazuje się najlepszym pomysłem, ponieważ nie poprawia własnych warunków odbioru, a dodatkowo może spowodować zakłócenia utrudniające życie własnej rodzinie i sąsiadom. I wtedy protesty nie będą bezpodstawne...

W sytuacji coraz częstszych utrudnień w instalacjach anten, konieczności zgłaszania stacji itp. warto spojrzeć inaczej także na rolę i znaczenie klubów. Kluby mające uregulowane warunki instalacji anten i wypełnione obowiązki zgłaszania stacji mogą stać się ponownie atrakcyjnym miejscem pracy na falach krótkich, zwłaszcza w zawodach gdzie stosowane są większe moce nadawania. W poprzednich okresach o atrakcyjności klubów decydowały w pierwszym rzędzie ograniczone możliwości zaopatrzenia się w sprzęt i podzespoły. Praca w domu odbywałaby się w takich szczególnych sytuacjach głównie w pasmach UKF. Rozważania na te tematy nie są jednak tematem obecnego skryptu.

Drugą z możliwości ominięcia tych utrudnień jest praca z terenowego QTH. W dogodnych miejscach można na krótki czas zainstalować również anteny pełnowymiarowe, chociaż w wielu przypadkach wygodniejsze bywa użycie anten o mniejszych rozmiarach. Praca terenowa nie wymaga też żadnych zgłoszeń ponieważ stacje pracują tam przez krótki czas. Oczywiście należy zabezpieczyć anteny przed kontaktem z nimi przez osoby postronne.

Ograniczenia antenowe można ominąć także pracując z samochodu, co oznacza w praktyce konieczność użycia specjalnie do tego celu opracowanych anten samochodowych. Anteny te można także zainstalować w domu na balkonie, tarasie lub w innym dogodnym miejscu. Nie wolno wówczas zapomnieć o ewentualnych przeciwwagach ponieważ o ile w samochodzie służy za nie karoseria o tyle na tarasie czy balkonie brak jest takich powierzchni metalowych i trzeba je zastąpić przeciwwagami wykonanymi z drutu.

Tematem obecnego skryptu są rozwiązania anten zajmujących możliwie mało miejsca, łatwych do zainstalowania na tarasach, balkonach, poddaszach, strychach itp., a także anten łatwych do zamaskowania, przykładowo udających maszty dla flag, suszarki do bielizny, rury wylotowe wentylacji lub jakiekolwiek inne konstrukcje albo po prostu dajacych się zakryć jakimiś osłonami. W wielu przypadkach anteny o mniejszych wymiarach mogą być łatwiej umieszczone od strony budynku niewidocznej z ulicy tak, zby były nim zaslonięte. Czasami, zwłaszcza w przypadku anten UKF dobrym pomysłem jest zasłonięcie anteny jakimś elementem przykrywającym.
Nie wszystkie przedstawione anteny można uznać dosłownie za łatwe do ukrycia ale dzięki mniejszym wymiarom są one jednak łatwiejsze do zamaskowania niż klasyczne anteny pełnowymiarowe.
Autor zakłada, że czytelnicy posiadają podstawową wiedzę na temat anten, ich konstrukcji, dopasowania i obwodów dopasowujących i dlatego rezygnuje z ich szczegółowego omówienia. Podobnie też autor rezygnuje z przedstawiania klasycznych pełnowymiarowych anten, ich konstrukcji i prametrów. Są one szeroko omawiane w literaturze, w internecie i katalogach sklepów albo producentów, a ich uwzględnienie tutaj oznaczałoby, że zamiast poręcznego skryptu powstałaby uniwersalna „biblia" antenowa, coś w rodzaju księgi „Antennenbuch" Rothamela. A to wydawnictwo warto byłoby i tak przetłumaczyć i wydać drukiem w jednym z renomowanych wydawnictw. Ale to już zupełnie inna historia...

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA
Wiedeń
23 września 2016

1. Rozważania ogólne

Oporność promieniowania anten zależy w silnym stopniu od stosunku ich wymiarów do długości promieniowanej fali. Zależność ta ma charakter kwadratowy lub wyraża się nawet wyższymi potęgami dla różnych rodzajów anten.
Sprawność anten obliczana jest ze wzoru
η = Rp / (Rp + Rs) gdzie Rp jest zastępczą opornością promieniowania anteny, a Rs – opornością strat w antenie i w jej otoczeniu. Oporność strat w otoczeniu jest trudna do oszacowania z góry i w znacznym stopniu zależna od lokanych warunków, ale konstruktorzy anten mają przecież wpływ, przynajmniej do pewnych granic, na oporność strat samej konstrukcji anteny. Jak wynika z tych rozważań sprawność anten o wymiarach małych w stosunku do długości fali szybko maleje i konieczne staje się zwrócenie szczególnej uwagi na maksymalne obniżenie oporności strat konstrukcji, przez zastosowanie materiało o możliwie dużych powierzchniach, dużych przewodnościach właściwych, zapewnienie jak najlepszych kontaktów między elementami, unikanie kontaktów ślizgowych w kondensatorach itp.
Pogorszenie sprawności anten powoduje, że coraz większa część mocy nadajnika jest tracona w postaci ciepła zamiast zostać wypromieniowana. Przy stosunkowo niedużych mocach nadajników stacji amatorskich sprawa odprowadzenia ciepła nie stanowi istotnego problemu i najważniejsze dla operatora staje się osłabienie nadawanego sygnału. Jak wynika jednak z tabeli 1.1. przynajmniej do pewnych granic i to nie jest aż tak wielkim mankamentem.

Tabela 1.1. Różnica siły sygnału w stopniach S w zależności od sprawności anteny. Jeden stopień S odpowiada 6 dB

Sprawność anteny [%]	0,1	0,5	1,0	5	10	25	50	80	100
Spadek w stopniach S	5	3,8	3,3	2,2	1,6	1	0,5	0,2	0

1.1. Skrócone dipole

Jako dipole skrócone lub minidipole uważane są anteny dipolowe o długościach mniejszych od połówki fali. W praktyce możliwe jest skrócenie anteny dipolowej o prawie połowę bez istotnego pogorszenia właściwości anteny. Ujemną stroną skracania anten jest zawężenie ich zakresu pracy, tym silniejsze im bardziej antena zostaje skrócona.
Antena skrócona (zarówno pozioma jak i pionowa) nie pracuje w rezonansie, a jej impedancja wejściowa zawiera składową pojemnościową. Dla uzyskania rezonansu, a co za tym idzie rzeczywistej impedancji wejściowej konieczne jest przedłużenie anteny bądź za pomocą włączonych w szereg indukcyjności, włączonych równolegle strojników bądź też za pomocą obciążenia pojemnościowego na ich końcach.
Impedancja indukcyjności włączonych w szereg musi być równa impedancji pojemnościowej skróconej anteny dla jej kompensacji czyli dla uzyskania rezonansu. Wpływ indukcyjności na skrócenie anteny rośnie w miarę zbliżania miejsca jej włączenia do brzuśca prądu – w przypadku dipola oznacza to podłączenie indukcyjności bezpośrednio do zacisków wejściowych. Jednocześnie oznacza to wzrost strat energii w cewce, co odbija się ujemnie na sprawności anteny.
Odsunięcie cewki od zacisków, czyli przesuwanie jej w kierunku końców oznacza konieczność zwiększenia ich indukcyjności dla uzyskania takiego samego skrócenia. Jeśli chodzi o straty to występują tutaj dwa przeciwstawne efekty. Z jednej strony wzrost indukcyjności oznacza zwiększenie lioczby zwojów a co za tym idzie – również strat. Z drugiej strony przez cewkę płynie mniejszy prąd co skutkuje obniżeniem strat. Jako optymalne miejsce umieszczenia cewki przedłużającej podawana bywa w literaturze odległość 2/3 długości ramienia od środka dipola, czyli od zacisków anteny. W praktyce w konstrukcjach własnych wygodniejsze okazuje się jednak umieszczenie mniejszej indukcyjności (cewki o mniejszej liczbie zwojów) w pobliżu punktów zasilania anteny aniżeli większej (czyli cewki o większej liczbie zwojów) w innych miejscach.
Lepszym, od strony elektrycznej, rozwiązaniem jest pojemnościowe obciążenie końców dipola. Stratność kondensatorów powietrznych jest mała, co oznacza, że sprawność anteny i jej impedancja wejściowa różnią się tylko nieznacznie w porównaniu z anteną pełnowymiarową. Niestety rozwiązanie

to pociąga za sobą więcej problemów mechanicznych. Umieszczonymi na końcu elementami obciążającymi są najczęściej tarcze metalowe albo konstrukcje ze skrzyżowanych przewodów lub prętów, które niestety trudniej ukryć. Przykładowo dla dipola na pasmo 40 m skróconego do długości 14 m podawana jest w literaturze konstrukcja złożona z trzech prętów o długościach 1 m an każdym końcu. Czasami spotykane są także rozwiązania kombinowane zawierające zarówno cewkę jak i obciążenie pojemnościowe.

1.2. Anteny magnetyczne

Anteny magnetyczne są małymi antenami pętlowymi o obwodzie nie przekraczającym 1/4 długości fali dla najwyższej częstotliwości pracy. Anteny te odbierają i promieniują w pierwszym rzędzie składową magnetyczną fali, stąd pochodzi ich nazwa. W początkowym okresie rozwoju radiotechniki wytępowały one w postaci anten ramowych i służyły głównie jako odbiorcze. W zależności od zakresu odbieranych fal antena składała się z jednego lub większej liczby uzwojeń. Obecnie najczęściej spotykaną formą jest pierścień metalowy wykonany z rurki, płaskownika lub grubego przewodu. Po jednej stronie okręgu znajduje się kondensator dostrojczy, a po drugiej obwód sprzęgający – również przeważ nie w postaci pętli. Część konstrukcji ma też kształt ośmiokąta i bardzo rzadko również prostokąta czy kwadratu.
Dzięki stosunkowo małym, w porównaniu z innymi rodzajami anten, wymiarom są one często używane przez krótkofalowców na niższych pasmach 160 – 40 m, ale na rynku są dostępne modele dla wszystkich pasm amatorskich.
Oporność promieniowania anten magnetycznych leży poniżej 1 Ω, a w praktyce najczęściej jest rzędu miliomów. Oznacza to, że dla osiągnięcia możliwej do przyjęcia sprawności ich konstrukcja musi zapewniać możliwie małe oporności strat. Antena powinna być więc skonstruowana z materiału o jak największej powierzchni (dlatego najczęściej stosowane są rurki lub taśmy) i dużej przewodności (z miedzi lub aluminium). Szczególną uwagę trzeba zwrócić na to, aby kontakty kondensatora miały jak najmniejszą oporność. Oporność kontaktów ślizgowych w kondensatorach obrotowych jest już przeważnie zbyt duża i najczęściej stosowane są kondensatory o podzielonym statorze lub motylkowe. Na kondensatorze występują już przy niewielkich mocach wysokie napięcia dlatego też powinien on mieć wystarczającą wytrzymałość napięciową (odpowiednio duży odstęp okładek). Dla kondensatorów powietrznych przyjmuje się przeważnie odstęp 1 mm/kV. Znacznie wiekszą wytrzymałość napięciową mają kondensatory próżniowe. Pojawiają się one czasami na giełdach krótkofalarskich.
Oporność promieniowania jednozwojowych okrągłych anten magnetycznych oblicza się ze wzoru
$R_p = 197 (O / \lambda)^4 = 31171 (A / \lambda^2)^2$ gdzie O jest obwodem pętli, a A – jej powierzchnią.
Dla anten wielozwojowych o tym samym kształcie
$R_p = 197 n^2 (O / \lambda)^4$
Gdzie O jest obwodem pętli, a n – liczbą zwojów.
Jak wynika ze wzoru oporność promieniowania maleje bardzo szybko w miarę obniżania częstotliwości pracy – odwrotnie proporcjonelnie do czwartej potęgi długości fali.
Sprawność anteny, nie tylko magnetycznej, jest obliczana ze wzoru
$\eta = R_p / (R_p + R_s)$, gdzie R_p jest opornością promieniowania, a R_s – opornością strat.
W zależności od jakości konstrukcji magnetycznej możliwe jest osiągnięcie w górnym zakresie sprawności przekraczających 50%, a nawet 80%, ale w dolnej części zakresu pracy maleje ona nawet do kilku procent. Zasadniczo sprawność anten nadawczych leży w możliwym do przyjęcia zakresie tylko w górnej oktawie częstotliwości tzn. od 1/2 fmaks do fmaks. W przypadku anten odbiorczych jest to sprawa mniej istotna.
Ponieważ oporność promieniowania jest zależna od kwadratu powierzchni więc porównując pętle o różnych kształtach i tym samym obwodzie przyjmując dla anteny kwadratowej powierzchnię 1 otrzymujemy dla anteny ośmiokątnej powierzchnię 1,2, a dla kołowej – 1,29. Oznacza to, że dla anteny ośmiokątnej oporność promieniowania jest o 44% większa w stosunku do kwadratowej, a dla kołowej – o 66% większa. Najkorzystniejszym kształtem anteny magnetycznej jest więc okrąg. Najczęściej konstruowane są anteny jednozwojowe chociaż jeden z producentów oferował swego czasu antenę dwuzwojową ze zwieraczem służącym do zmany zakresu pracy.
Anteny magnetyczne stanowią obwód rezonansowy o dużej dobroci i w konsekwencji – wąskim zakresie przenoszenia. Przykładowo zakres zapewniający WFS poniżej 2 może wynosić w paśmie 80 m

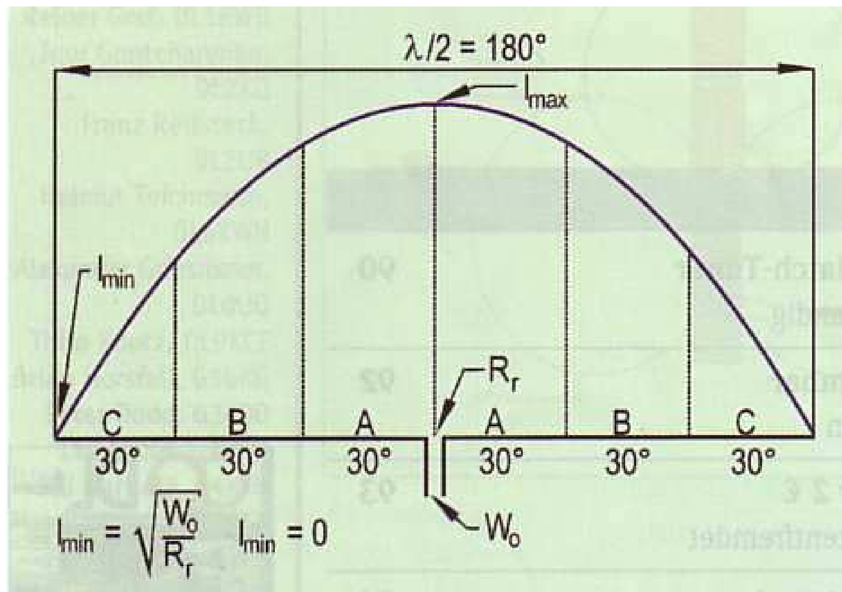
ok. 20 kHz, a w paśmie 10 m – kilkaset kHz. Przy zmianach częstotliwości pracy w ramach pasma anteny wymagają więc dostrajania, zwłaszcza na niższych pasmach. Jednocześnie dzięki wąskiej charakterystyce częstotliwościowej i kierunkowej charakterystyce skutecznie eliminują większość sygnałów zakłócających i zmiejszają niebezpieczeństwo wystąpienia modulacji skrośnej w odbiorniku.
Konieczność dostrajania anteny na bieżąco przy zmianie częstotliwości pracy stanowi pewne utrudnienie w konstrukcjach własnych. Konstruktor musi zadbać dodatkowo o bardziej skomplikowaną stronę mechaniczną, chyba że chodzi o antenę „urlopową" umieszczoną w pobliżu stacji i przestrajaną ręcznie.
Anteny magnetyczne są antenami symetrycznymi nie wymagającymi uziemienia ani przeciwwag. Są też one stosunkowo mniej wrażliwe na wpływy otoczenia. Dzięki temu, że w otoczeniu źródeł zakłóceń w odległościach do 1/6 długości fali przeważa składowa elektryczna anteny magnetyczne są mniej wrażliwe na lokalne sygnały zakłócające.
Przy większych mocach nadawania w pobliżu anteny panują stosunkowo silne pola elektromagnetyczne dlatego też w przypadku anten wewnętrznych lub balkonowych należy starać się ograniczyć jak najbardziej moce nadawania – najlepiej do 5 – 10 W.
Zysk kierunkowy anten magnetycznych i skróconych anten dipolowych jest zawsze niższy od zysku dipola półfalowego – wynoszącego ok. 2,15 dBi. Przykładowo dla anten magnetycznych można spodziewać się różnicy ok. -0,4 dB.

1.3. Anteny szczelinowe

Podstawowa antena szczelinowa jest prostokątną szczeliną w powierzchni przewodzącej i ma długość równą połówce fali.W odróżnieniu od dipola jest ona zasilana na dłuższych krawędziach, tak że pomiędzy tymi krawędziami powstaje pole elektryczne. Jest więc ona spolaryzowana w poprzek, a nie wzdłuż półfalowej krawędzi. Szczelina leżąca poziomo promieniuje więc fale o polaryzacji pionowej. Dopasowanie anteny szczelinowej osiąga się dzięki dobraniu punktu podłączenia linii zasilającej w odpowiedniej odległości od krótszego boku stanowiącego zwarcie.
W praktyce większa powierzchnia przewodząca wokół szczeliny nie jest konieczna i wystarczy tylko przewodząca krawędź z wyglądu przypominająca dipol pętlowy i różniąca się od niego tylko sposobem zasilania.
Antena ta ma wprawdzie długość połówki fali ale zwinięcie jej w okrąg pozwala uzyskać anteny o wymiarach sprzyjających ich ukryciu lub przynajmniej dyskretnemu umieszczeniu. Przykładem takiego rozwiązania są opisane dalej anteny DDRR.
Ogólnie rzecz biorąc zwinięcie lub załamanie anteny do postaci pętli jest dogodnym sposobem zmniejszenia jej wymiarów i ułatwia jej ukrycie.

1.4. Projektowanie anten skróconych

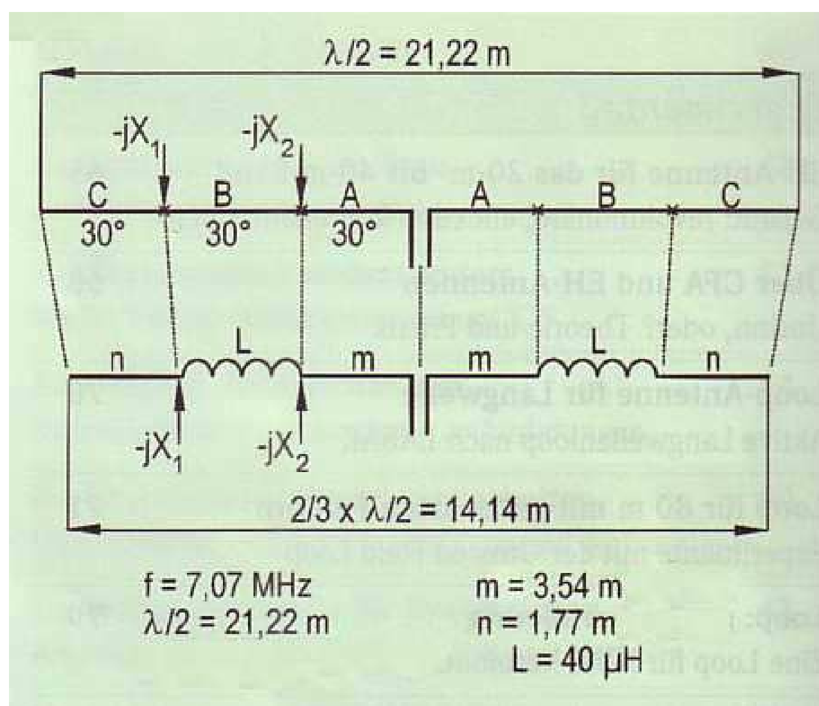
Jednym ze sposobów zmniejszenia wymiarów anteny jest stosowanie cewek przedłużających ją elektrycznie. Poniżej przedstawiony jest sposób obliczania cewek i ich wpływu na przykładzie dipola półfalowego. Ilustracja pierwsza przedstawia rozkład prądu w.cz. w dipolu półfalowym znajdującym się w rezonansie – ma on kształt sinusoidy. Dla ułatwienia dalszych rozważań antena jest podzielona na kilka segmentów przy czym ich długość jest podana w stopniach dla uniezależnienia się od długości fali (całkowita długość dipola wynosi 180 ° czyli π). Należy zwrócić uwagę, że najsilniej promieniują segmenty, w których płynie duży prąd i dlatego nieopłacalne jest zastępowanie ich przez skupione indukcyjności. W podanym na rysunku 1.4.1 przykładzie bardziej opłaca się zastąpienie indukcyjnością segmentów B lub C aniżeli A. Wartości indukcyjności niezbędych do zastąpienia segmentów końcowych mogą okazać się niepraktycznie duże dlatego też w dalszych przykładach ograniczono się do obliczeń dla segmentu środkowego B przy czym jego długość można przyjąć dowolnie nie ograniczając się do poprzedniego przykładowego podziału.
Obliczenia indukcyjności zastępczej rozpoczynamy od obliczenia wartości reaktancji na końcach zastępowanego segmentu. Reaktanja X w punktach B i C obliczana jest ze wzoru:
$X = -j\ Z_0 \cot\beta$ (dla reaktancji w punkcie C przyjmijmy oznaczenie X_1, a w punkcie B – X_2)
gdzie β jest kątem odpowiadającym punktom B i C, a impedancja charakterystyczna Z_0 jest obliczana ze wzoru:
$Z_0 = 138\log(4h/d)$, w ktrym h jest wysokością zawieszenia anteny, a d – średnicą przewodu.
Mechaniczna wysokość zawieszenia anteny nie musi odpowiadać dokładnie jej wartości "elektrycznej" ze względu na wpływ pobliskich obiektów dlatego też obliczenia dają wyniki przybliżone i w praktyce konieczne jest dostrojenie anteny.
Wypadkowa reaktancja cewki wynosi więc $X_L = X_1 – X_2$.



Rys. 1.4.1.

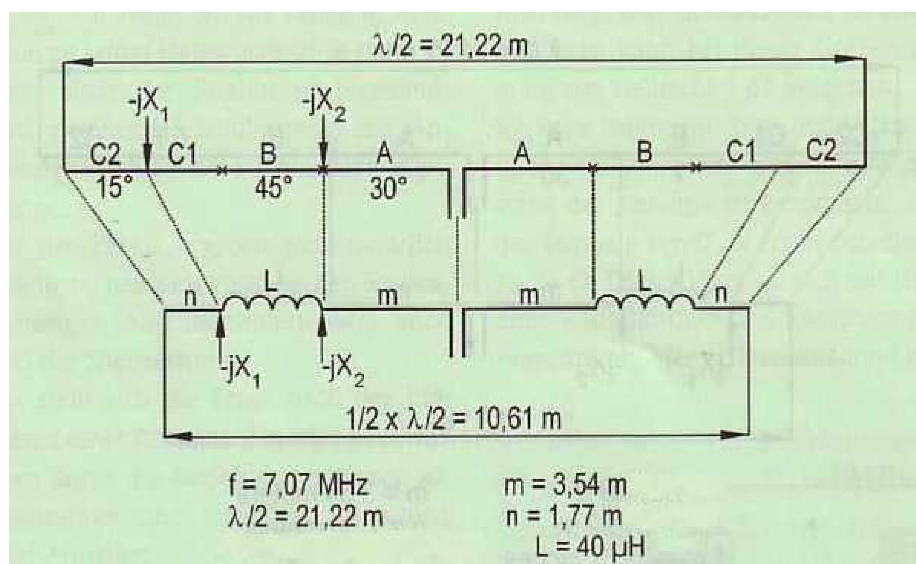
<u>Przykład 1 (rys. 1.4.2, ramiona anteny podzielone na trzy segmenty o równej długości 30 °)</u>
Antena dostrojona do częstotliwości 7070 kHz, zawieszona na wysokości 6 m i wykonana z przewodu o średnicy 2 mm. Jej długość bez uwzględnienia współczynnika skrócenia (w przypadku przewodu w izolacji może on być mniejszy od jedności) wynosi l = 150/f = 150/7,07 = 21,22 m.
Impedancja $Z_0 = 138 \log(4(6000/2)) = 138 \times 4{,}08 = 563\ \Omega$.
$X_1 = 563 \times \cot 30° = 563 \times 1{,}732 = 975\ \Omega$.
$X_2 = 563 \times \cot 60° = 563 \times 0{,}577 = 325\ \Omega$.
$X_L = X_1 – X_2 = 975 - 325 = 650\ \Omega$.
Indukcyjność cewki obliczamy ze wzoru:
$X_L = 2\ \pi\ f\ L$
$L\ [\mu H] = X_L / (2\ \pi\ f\ [MHz]) = 650 / (2\ \pi\ 7{,}07) = 14{,}63\ \mu H$ czyli w przybliżeniu 15 µH.

Długości segmentów A, B i C – 3,54 m.
Zastąpienie segmentów B przez cewki powoduje skrócenie anteny do 14,14 m czyli do ok. 2/3 pierwotnej długości.



Rys. 1.4.2

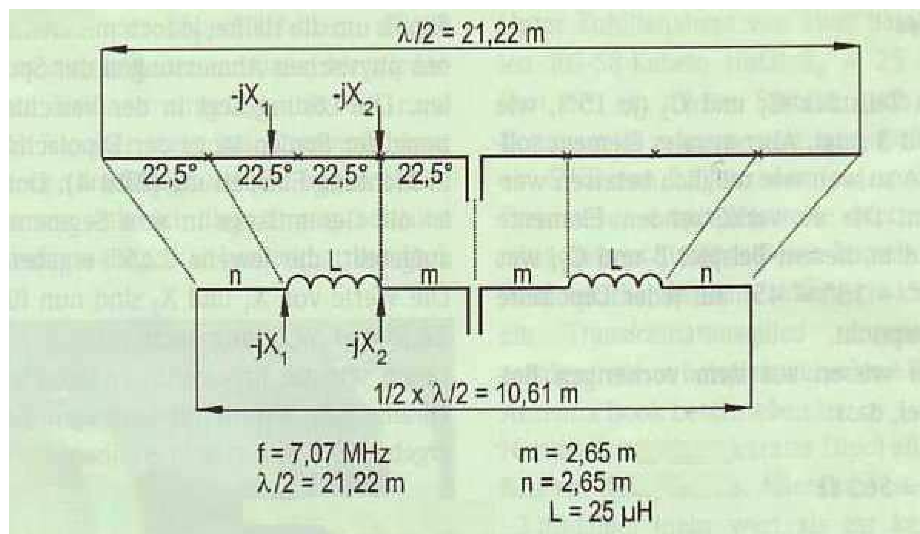
<u>Przykład 2 (rys. 1.4.3, segment C skrócony do 15 °, segment B przedłużony do 45 °)</u>
Wysokość zawieszenia i przewód antenowy identyczne jak w przykładzie poprzednim - Z_0 = 563 Ω.
X_1 = 563 x cot15° = 563 x 3,732 = 2101 Ω.
X_2 = 563 x cot60° = 563 x 0,577 = 325 Ω.
$X_L = X_1 - X_2$ = 2101 – 325 = 1776 Ω.
L [µH] = X_L / (2 π f [MHz]) = 1776 / (2 π 7,07) = 40 µH.
Długość segmentów A – 3,54 m, C – 1,77 m, całkowita długość anteny 10,61 m.



Rys.1.4.3

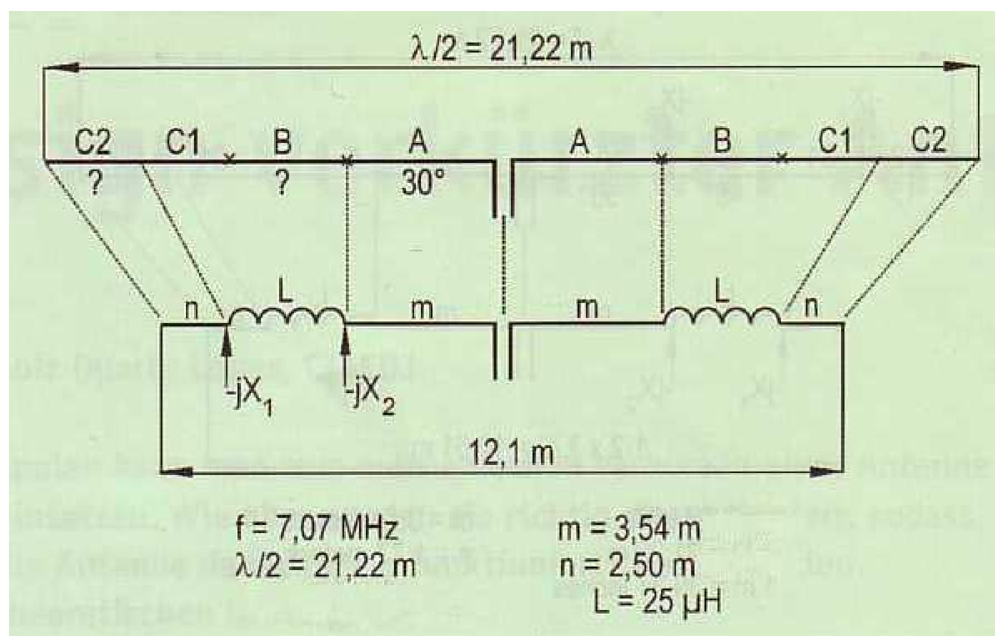
<u>Przykład 3 (rys. 1.4.4, podział anteny na 8 odcinków po 22,5 ° segment B składa się z dwóch odcinków)</u>
Punktom B i C odpowiadają wartości kątów 22,5 i 67,5 °
X_1 = 1359 Ω

X_2 = 233 Ω
X_L = 1126 Ω
L = 25 µH



Rys. 1.4.4

<u>Przykład 4 (rys. 1.4.5, segment A o długości 30 °)</u>
Obliczenie długości segmentów B i C dla obliczonej poprzednio indukcyjności cewki 25 µH.
X_2 = 325 Ω (z przykładu 1)
X_L = 1126 Ω (z przykładu 3)
$X_1 = X_2 + X_L = 1451$ $X_1 = -j\ Z_0 \cot\beta$ $\cot\beta = 1451/563$ Ω = 2,577 Ω
β = 21,20 °
Odcinek C2 = 21,20 (21,22/180) = 2,5 m.
Całkowita długość anteny wynosi więc 12,1 m, a więc nieco powyżej połowy długości dipola półfalowego.



Rys. 1.4.5

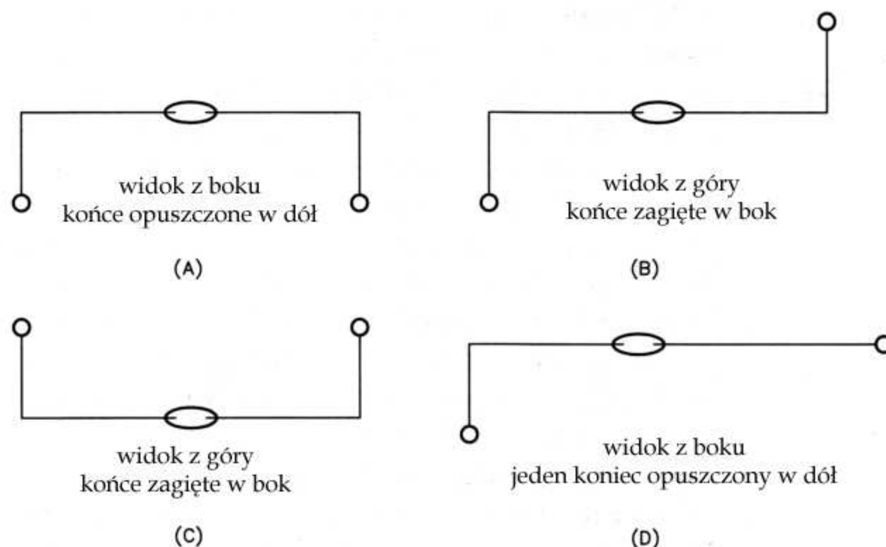
<u>Uwagi praktyczne</u>:
Cewki można wykonać nawijając przewód antenowy na odcinki rur plastikowych np. o średnicy ok. 50 mm i odpowiedniej długości dzięki czemu unika się strat w punkach połączeń.
Opracowanie oparte jest na artykule CT1EOJ zamieszczonym w oryginale w QST, a w tłumaczeniu niemieckim w numerze specjalnym CQ/DL "Antennen international".

2. Anteny linkowe

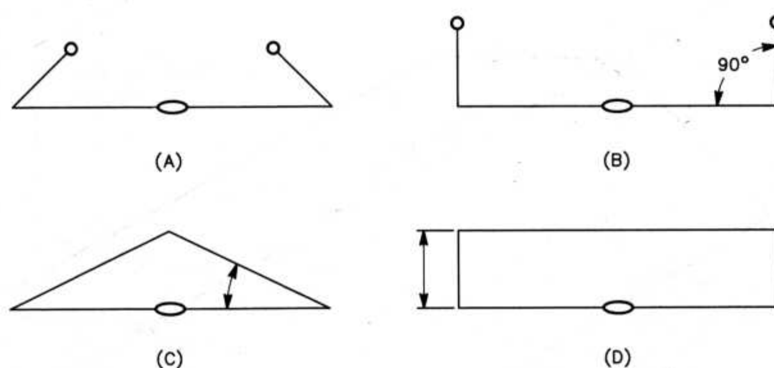
Rozdział ten jest poświęcony antenom linkowym (drutowym) w dowolnej postaci: zasilanych na środku anten dipolowych prostych lub wielopasmowych wyposażonych w dodatkowe filtry-pułapki, anten zasilanych na końcach lub też w punktach położonych niesymetrycznie. Do anten zasilanych na końcu należą przykładowo anteny J (z dopasowaniem za pomocą odcinka linii zasilającej – płaskiej lub koncentrycznej), anteny Fuchsa (z dopasowaniem za pomocą obwodu rezonansowego) i anteny Zeppelin. Do grupy anten zasilanych w punkcie położonym asymetrycznie należą przykładowo anteny Windom. Nie wnikając w tym momencie w różnice pomiędzy nimi i szczegóły wykonania elementu dopasowującego ich cechą wspólną jest to, że w wykonaniu jednopasmowym mają one długość zbliżoną do połówki promieniowanej fali, i że mogą one również pracować na nieparzystych harmonicznych. W przypadku anten, w których wielopasmowość osiąga się dzięki dodatkowym filtrom-pułapkom długość anteny jest mniejsza od połówki fali na najniższym zakresie pracy, a to dzięki właściwościom (elektrycznie) przedłużającym tych filtrów.

2.1. Anteny załamane na końcach

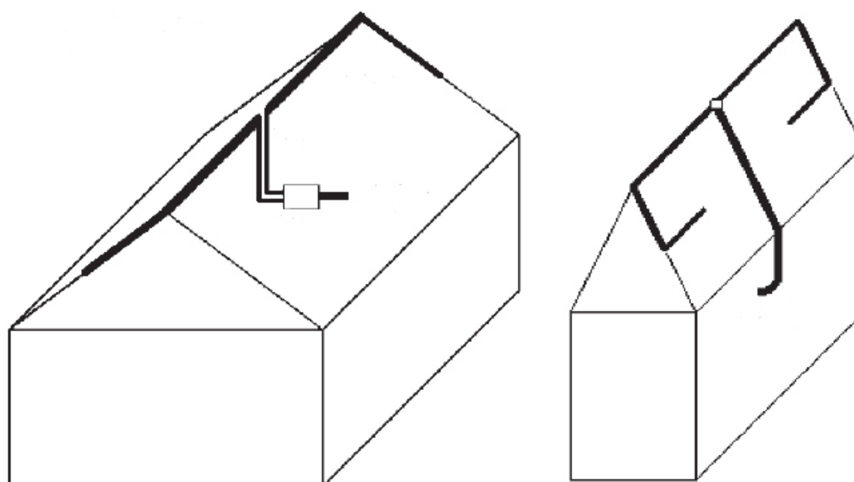
W typowych wykonaniach linka stanowiąca antenę jest rozciągnięta w linii prostej, a główne kierunki promieniowania leżą w płaszczyźnie prostopadłej do niej.
Końce anteny (lub tylko jeden z nich) można załamać pod kątem prostym w dowolnym kierunku – w bok lub w dół – bez większej zmiany właściwości anteny jeżeli długości załamanych (zagiętych) odcinków wynoszą 15 – 20 % całkowitej długości anteny. Pozwala to w wielu przypadkach na lepsze wykorzystanie dostępnego miejsca bez konieczności fizycznego skracania anteny albo na umieszczenie anteny w miejscu, w którym mniej rzuca się ona w oczy.
Przykłady tak załamanychh konstrukcji przedstawia rys. 2.1.1. Rysunek 2.1.2 ilustruje natomiast błędne konstrukcje – załamanie końców pod kątem ostrym (A), tworzenie pętli trójkątnych (C) lub prostokątnych o zbyt małej odległości przewodów (D). W konstrukcjach takich pola promieniowane przez środkową część anteny i zagięte lub równolegle końce częściowo się kompensują obniżając jej skuteczność.



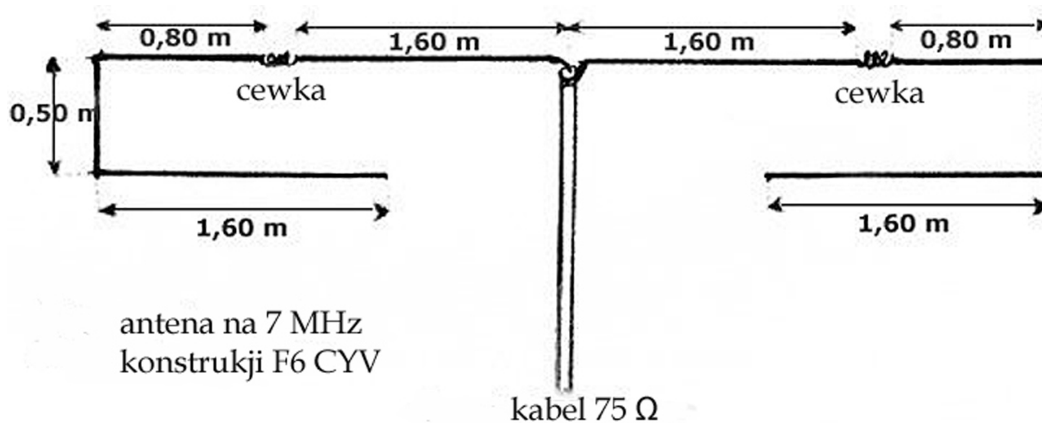
Rys. 2.1.1. Przykłady załamywania końców anten. Nie muszą one być załamane pod kątem prostym, w wielu przypadkach są poprowadzone pod katem rozwartym. Kąt załamania ramion wywiera w pewnym stopniu wpływ na impedancję wejściową anteny



Rys. 2.1.2. Przykłady błędnej realizacji anten



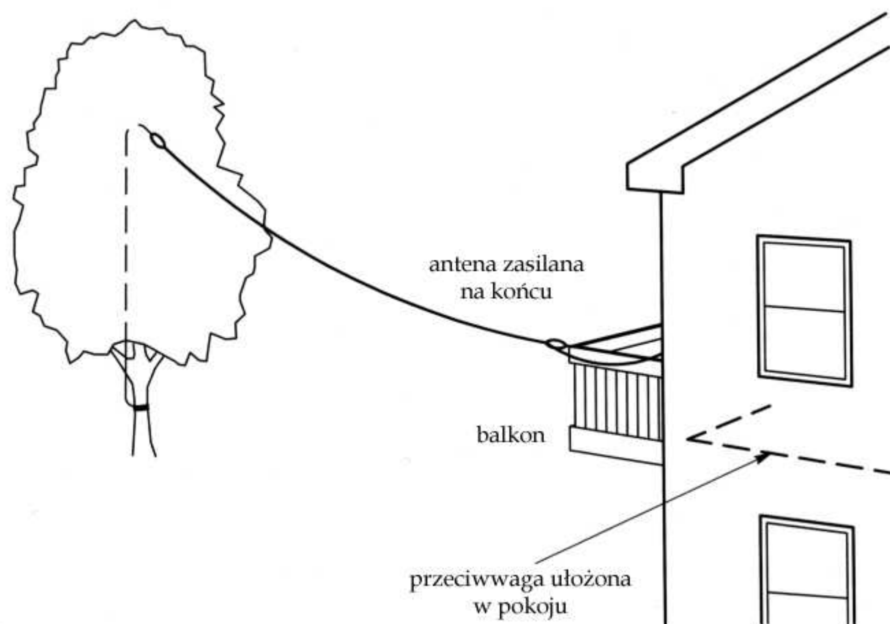
Rys. 2.1.3. Anteny umieszczone na poddaszu



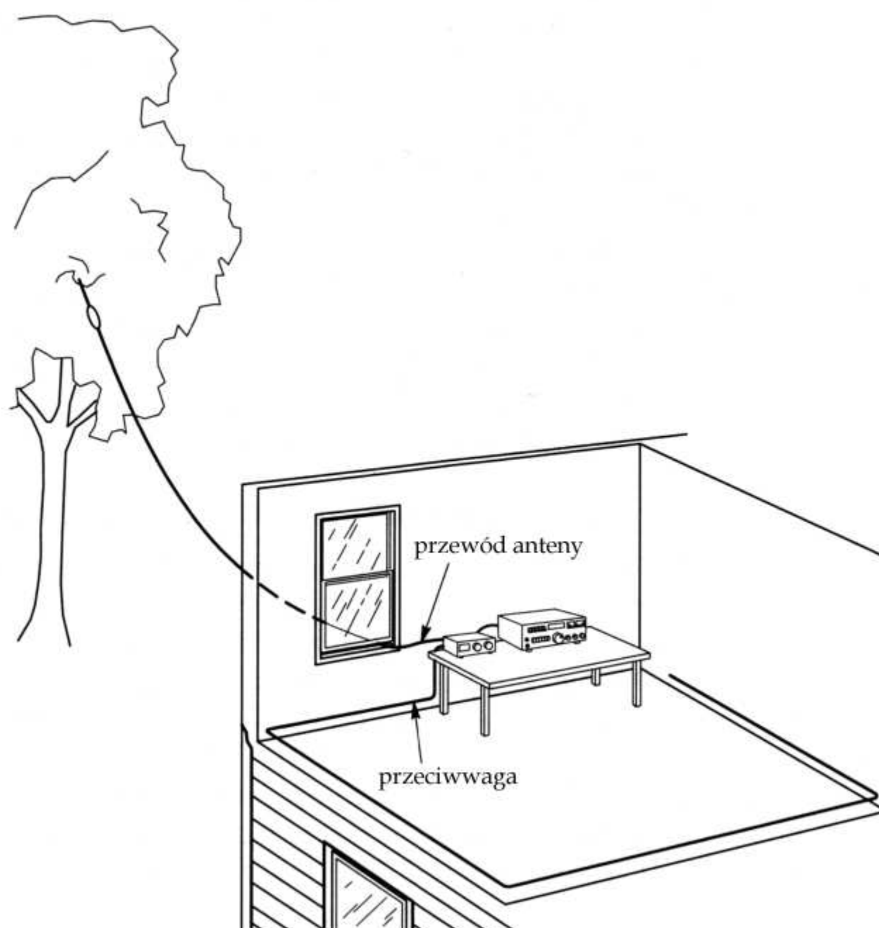
Rys. 2.1.4. Załamana antena konstrukcji F6CYV

Cewki nawinięte na korpusach o średnicy 7,8 cm składają się z 18 zwojów przewodu o średnicy 2 mm. Antena jest zasilana telewizyjnym kablem 75 omowym ale dobrze jest zastosować symetryzator, ewentualnie o przekładni dopasowującej do kabla 50 Ω.

2.2. Anteny zasilane na końcu



Rys. 2.2.1. Zasilana na końcu antena rozwieszona między balkonem a drzewem

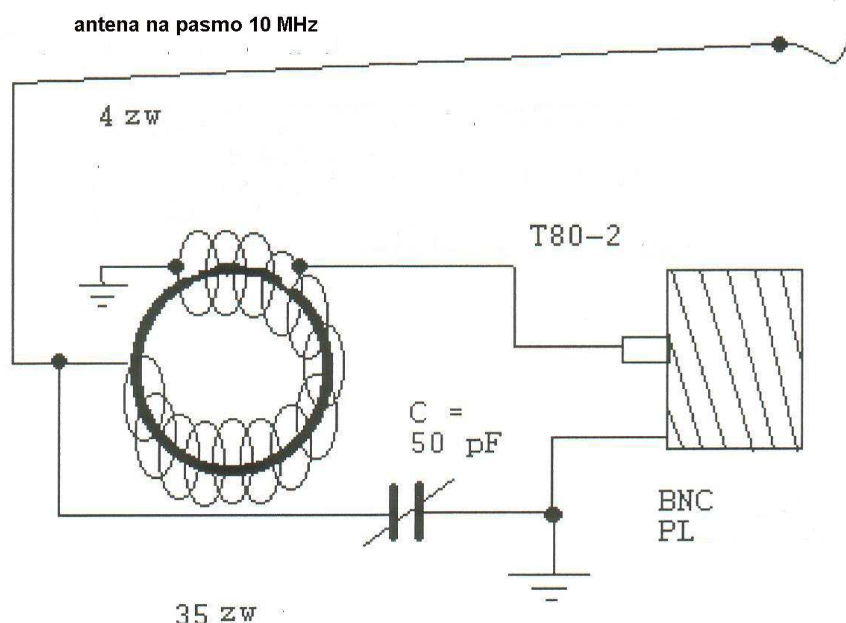


Rys. 2.2.2. Antena zasilana na końcu rozwieszona pomiędzy oknem i pobliskim drzewem

Rozwieszona między oknem albo balkonem i pobliskim drzewem antena wykonana z cienkiego przewodu też może nie rzucać się nadmiernie w oczy sąsiadom lub przechodniom. Ich wielką zaletą jest to, że wymagają tylko jednego oddalonego od stacji punktu zawieszenia.
Anteny te mają długość różną od połówki fali na wszystkich zakresach pracy, do ich dopasowania dobrze nadaje się transformator magnetyczny, a niektóre praktyczne długości pracują w takim układzie skutecznie na wielu pasmach krótkofalowych. Jednym z takich praktycznych zakresów długości jest 11 – 13,5 m, a więc antena taka jest krótsza od dipola półfalowego dla pasm niższych.
Innym wariantem są anteny półfalowe dopasowane za pomocą odcinka linii zasilającej (anteny J, Zeppelin itp.) lub obwodu rezonansowego (antena Fuchsa).

2.2.1. Antena z obwodem Fuchsa na pasmo 30 m

Antena Fuchsa, opracowana w latach 20-tych ubiegłego wieku cieszyla się przez długi czas znaczną popularnością, poźniej jednak popadła w zapomnienie. Antena ta składa się z dipola półfalowego lub o długości równej wielokroności połówki fali, ale w odróżnieniu od klasycznego dipola jest zasilana nie w środku, a na jednym z końców. W wielu wypadkach może to być rozwiązanie korzystne ze względów mechanicznych. W celu dopasowania niskoomowej linii zasilającej do wysokiej oporności wejściowej anteny zastosowano równoległy obwód rezonansowy. Dipol półfalowy nie wymaga przeciwwagi, a więc antena taka jest niewrażliwa na wpływ przewodności ziemi. Może być ona rozwieszona zarówno poziomo jak i pionowo.
Ponieważ na końcach dipola panuje maksimum (strzałka) napięcia, a prąd przyjmuje teoretycznie wartość zerową – w praktyce jest ona jedynie bliska zeru ponieważ do anteny trzeba doprowadzić moc w.cz. – oporność wejściowa anteny nie jest wprawdzie nieskończenie wielka ale przyjmuje znaczne wartości. W literaturze podawane są przybliżone wielkości: powyżej 1500 Ω dla dipoli zawieszonych pionowo i co najmniej 2500 Ω dla dipoli zawieszonych poziomo (czasami podawana jest wartość 4 kΩ). Do zasilania dipola można w miejsce podanych poprzednio rozwiązań zastosować transformator w.cz., którego uzwojenie wtórne stanowi równoległy obwód rezonansowy dostrojony do częstotliwości pracy. Obwód ten reprezentuje sobą wówczas wysoką impedancję. Transformator ten jest znany w literaturze pod nazwą obwodu Fuchsa (Józef Fuchs, UO1JF; OE1JF – przedwojenny krótkofalowiec austriacki). Rozwiązanie to ma wiele zalet – układ dopasowujący znajduje się we właściwym miejscu, a mianowicie na zaciskach anteny, a nie jak to jest najczęściej spotykane - na końcu kabla zasilającego, gdzie służy do dopasowania konstrukcji obejmującej antenę wraz z kablem zasilającym zamiast do dopasowania samej anteny. Układ zawiera w najprostszym przypadku tylko jeden element dostrojczy (najczęściej kondensator). Dla szerszego zakresu pracy może być koniecznie dodatkowe przełączanie indukcyjności obwodu albo także odczepów zasilających.

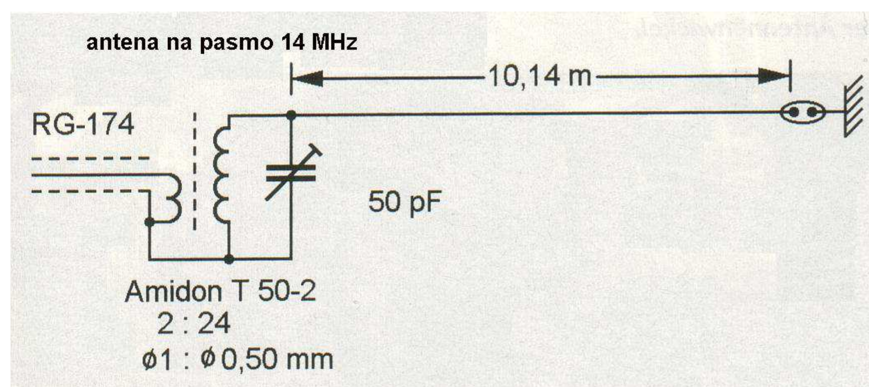


Rys. 2.2.3. Antena z obwodem Fuchsa QRP dla pasma 30 m

Cewka obwodu z odczepem wejściowym jest nawinięta na rdzeniu pierścieniowym T80-2 (czerwonym) firmy Amidon. Przy pojemności obwodu 50 pF uzwojenie składa się z 35 zwojów z odczepem na 4 zwoju. Dla pasm wyższych (od 20 m wzwyż) korzystniej jest stosować rdzenie T80-6 (żółte). Zamiast autotransformatora (cewki z odczepem) mogą to być dwa oddzielne uzwojenia.
Ze względu na wysoką impedancję obwodu w rezonansie panuje na nim wysokie napięcie w.cz., a więc konieczne jest użycie transformatora o odpowiedniej wytrzymałości napięciowej, zwłaszcza przy większych mocach nadajników. Przy mocy 10 W napięcie na obwodzie przekracza 200 V, a przy mocy 100 W 700 V. Dla stacji QRP sprawa ta jest jak widać niekrytyczna. Napięcie panujące na obwodzie oblicza się jak zwykle jako pierwiastek z iloczynu mocy i oporności (w tym przypadku oporności wejściowej anteny). Dla kondensatorów powietrznych należy przyjąć odstęp płytek 1 mm / 1000 V.

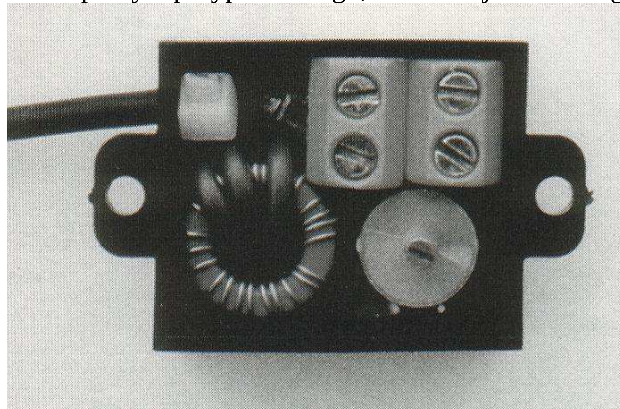
2.2.2. Antena z obwodem Fuchsa na pasmo 20 m

Ilustracja 2.2.4 przedstawia rozwiązanie obwodu Fuchsa na pasmo 20 m i przeznaczonego do pracy QRP, pochodzące z nru 1/2001 miesięcznika "Funk". W układzie zastosowano rdzeń T50-2 (czerwony) firmy Amidon, na którym jako uzwojenie pierwotne nawinięto 2 zwoje przewodu o średnicy 1 mm, a jako uzwojenie wtórne 24 zwoje przewodu emaliowanego o średnicy 0,5 mm. Jako kondensatora dostrojczego można użyć trymera foliowego o pojemności maksymalnej 50 pF. Jako anteny użyto przewodu instalacyjnego 16 x 0,2 mm o długości 10,14 m (połówka fali minus 5 % – współczynnik skrócenia 95%). Konstrukcja ta jest dostatecznie mała i można ją umieścić nawet w plastikowym pojemniku od filmu małoobrazkowego.



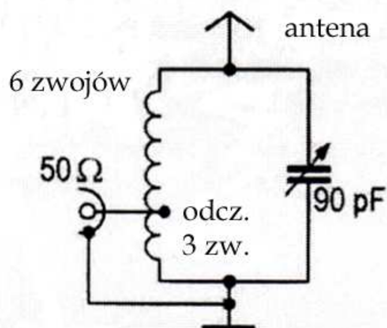
Rys. 2.2.4. Antena QRP na pasmo 20 m

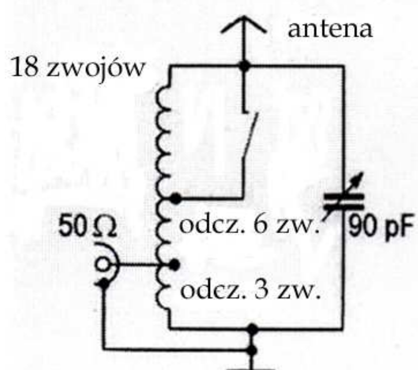
Jako linii zasilającej można na falach krótkich przy mocach w zakresie QRP użyć nawet kabla RG-174 o dowolnej, zależnej od potrzeb, długości. Sam obwód dopasowujący może być umieszczony albo w pobliżu radiostacji albo w pobliżu wyprowadzenia anteny na zewnątrz. W przypadku obwodów przestrajanych do pracy wielopasmowej wygodne może być umieszczenie go w niedużej odległości od radiostacji. Jak wynika z ilustracji rozwiązanie takie może być szczególnie przydatne podczas wyjazdów i pracy z przypadkowego, wcześniej nie znanego QTH.

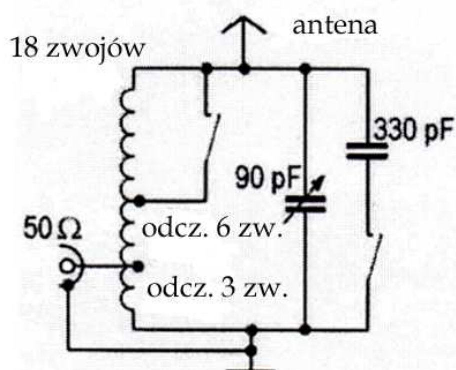


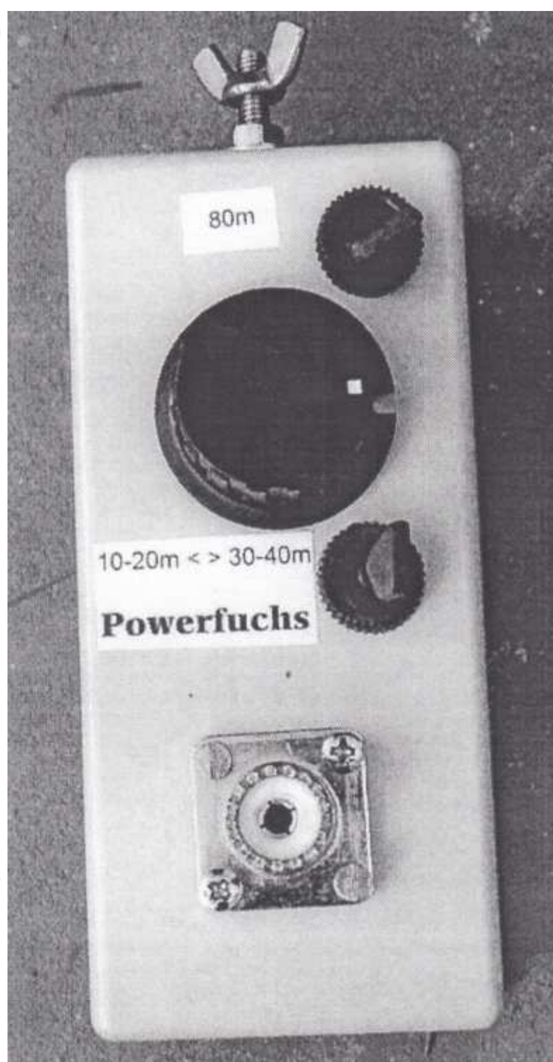
Fot. 2.2.5. Konstrukcja obwodu Fuchsa

2.2.3. Obwód Fuchsa dużej mocy na KF







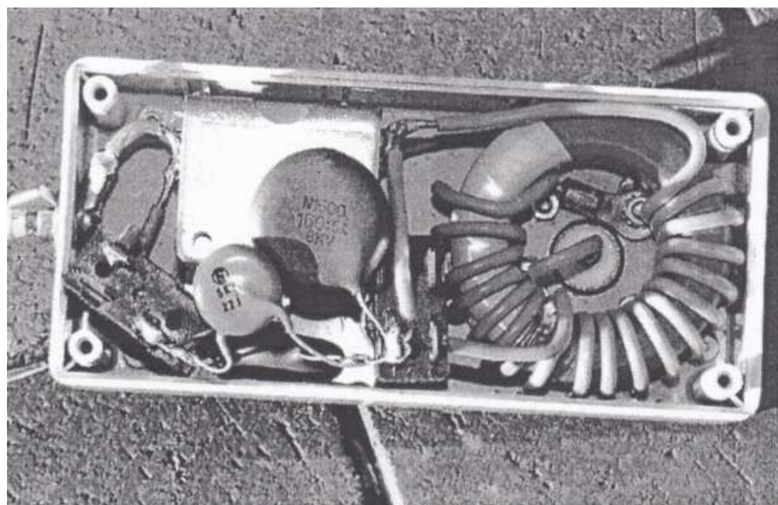


Rys. 2.2.6. Schematy ideowe

Fot. 2.2.7. Obwód w obudowie

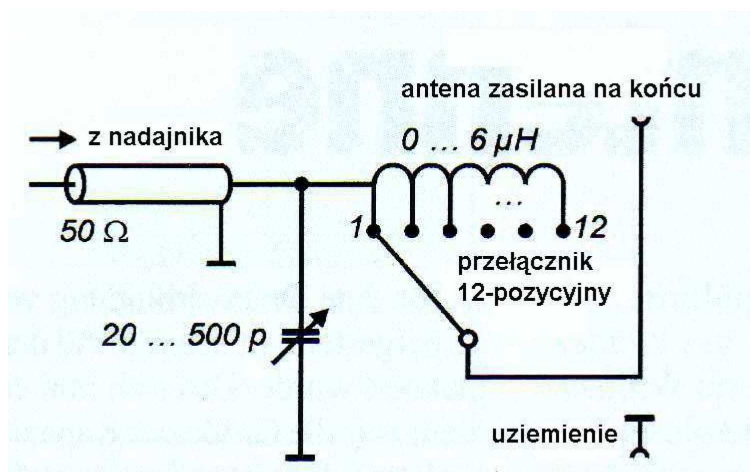
W układzie (opisanym w CQDL 6/2005) zastosowano dwusekcyjny obrotowy kondensator powietrzny z sekcjami połączonymi szeregowo, co dało wypadkowo maksymalną pojemność rzędu 90 pF, przy

pojemności minimalnej około 5 pF. Cewka o 6 zwojach i indukcyjności 1,7 µH nawinięta na proszkowym rdzeniu pierścieniowym T200-2 (czerwonym) pozwalała na pokrycie pasm 20, 17 i 15 m. Odczep zasilający znajduje się na trzecim zwoju, ale autor konstrukcji przeprowadził też próby z odczepem na 1,5 zwoja, który zapewnił również dobre rezultaty. W literaturze podawane jest przeważnie położenie odczepu na ok. 15% całkowitej liczby zwojów, ale jak wynikło z doświadczeń również 25 – 33 % jest do przyjęcia. Obwód został umieszczony w obudowie plastikowej o wymiarach 12,7 x 6 x 4,6 cm.
W kolejnej wersji zostały dodane pasma 30 i 40 m co wymagało powiększenia liczby zwojów o 12 – do 18 zwojów. Górna część cewki jest zwierana za pomocą przełącznika – użyto tutaj przełącznika samochodowego o obciążalności prądowej 10 A – do pracy w pasmach wyższych i rozwierana dla pasm 40 i 30 m. Odczep zasilający pozostaje w tym samym miejscu – na 3 zwoju – aby nie komplikować nadmiernie układu. Konstruktor nie zaobserwował żadnych negatywnych efektów. Przy dużych mocach nadawania w obwodzie Fuchsa płyną znaczne prądy.
W wersji trzeciej dodane zostało pasmo 80 m co wymaga podłączenia za pomocą drugiego przełącznika równoległego kondensatora (ceramicznego) o pojemności 330 pF. Również i w tej konstrukcji położenie odczepu nie uległo zmianie.
Długość dipola nie jest krytyczna, nie musi ona odpowiadać dokładnie połówce fali, a jedynie w przybliżeniu. Dla jej obliczenia konstruktor posługiwał się współczynnikiem skrócenia 0,97. Przykładowo dla pasma 20 m antena o długości 9,7 – 10,2 m nie sprawiała żadnych trudności w dostrojeniu.

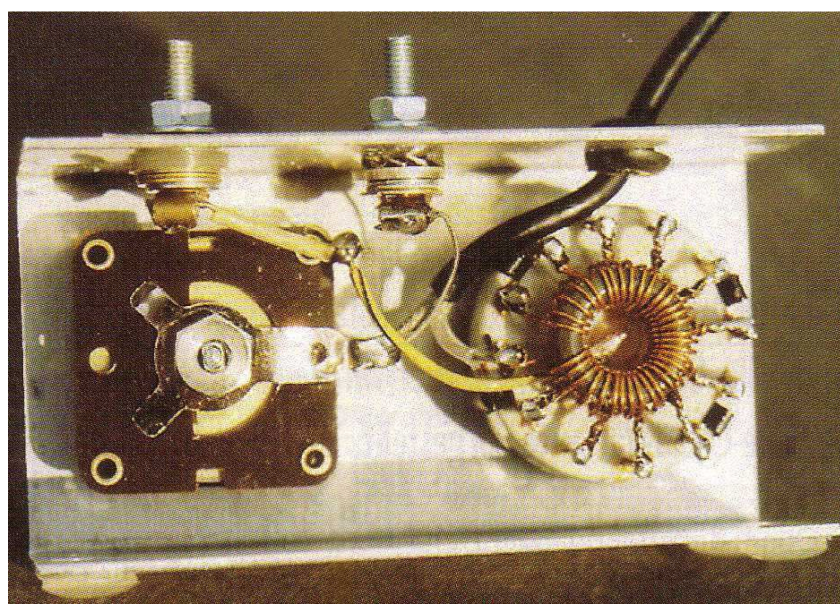

Fot.2.2.8. Konstrukcja wewnętrzna

2.2.4. Skrzynka antenowa QRP dla anten krótkich na pasmo 20 m

Skrzynka antenowa zawiera obwód typu L i jest przeznaczona w pierwszym rzędzie do dopasowania krótkich anten zasilanych na końcu (anten o wysokiej impedancji wejściowej). Zakres dopasowania można rozszerzyć przez dodanie przełącznika umożliwiającego dołączenie kondensatora po obu stronach cewki.
Dla mocy QRP można użyć kondensatora strojeniowego od odbiorników przenośnych po połączeniu równolegle obu sekcji.
Cewka zawiera 36 zwojów przewodu 0,5 mm w emalii nawiniętych na rdzeniu pierścieniowym T50-2 z odczepami na co trzecim zwoju. Do przełączania indukcyjności autor opracowania DJ3RW ("Funk" 9/2004) użył 12-pozyzyjnego przełącznika. Sposób umieszczenia cewki na przełączniku jest widoczny na fotografii. W zależności od rozmiarów zastosowanego przełącznika można użyć także rdzeni T68 lub T80 po ew. przeliczeniu liczby zwojów (współczynnik A_L zmienia się w zależności od materiału i wymiarów rdzeni). Podana na schemacie indukcyjność wystarczała do uzyskania dopasowania anteny o długości 6-7 m w paśmie 20 m.
Regulacji dopasowania należy dokonać najpierw zgrubnie przez przełączanie odczepu cewki, a następnie skorygować je za pomocą kondensatora obserwując wskazania miernika fali stojącej.
Układ można umieścić w obudowie metalowej ew. razem z miernikiem WFS własnej konstrukcji.



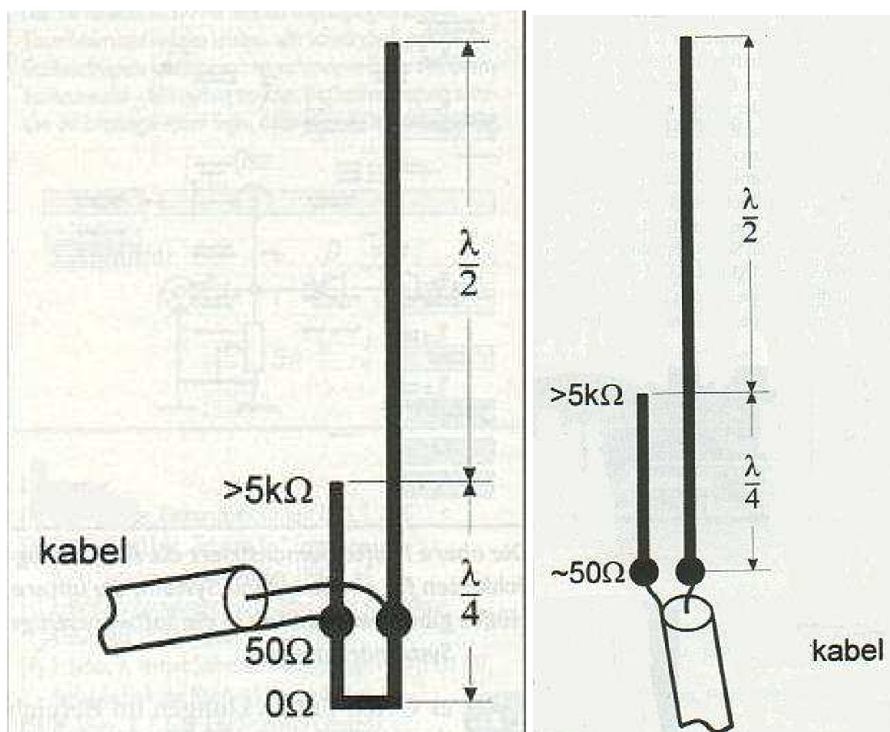
Rys. 2.2.9. Schemat ideowy skrzynki



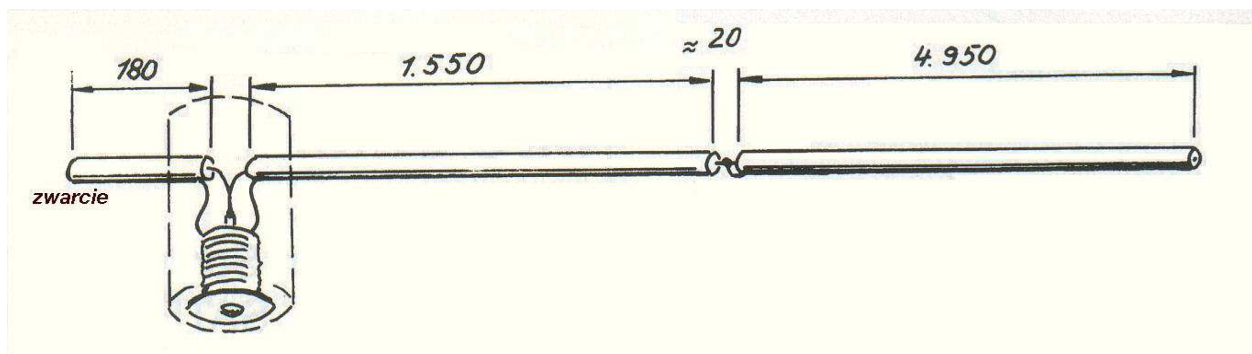
Fot. 2.2.10. Konstrukcja mechaniczna skrzynki

2.2.5. Antena J dla pasma 10 m

Anteny J składają się z dowolnej konstrukcji dipola półfalowego (lub równego wielokrotności połówki fali) i ćwierćfalowego (ew. 3/4 falowego) transformatora zwartego na jednym końcu pozwalającego na dopasowanie wysokiej oporności wejściowej dipola zasilanego na końcu do oporności falowej linii zasilającej. Jak wynika z rysunku 2.2.11 poprzez dobór miejsca przyłączenia linii można uzyskać dopasowanie do linii o dowolnej oporności falowej.Nie wymagają stosowania przeciwwag. W przypadku ogólnym dipol może być umieszczony poziomo, pionowo lub nawet zwisać w dół. Zysk kierunkowy i charakterystyka promieniowania są oczywiście identyczne jak w przypadku dipola zasilanego na środku. Transformatory dopasowujące są wykonywane zarówno z kabli płaskich jak i koncentrycznych, a dla anten UKF również przez załamanie końca promiennika. Transformatory wykonane z kabla koncentrycznego wnoszą większe straty od obu pozostałych wymienionych rodzajów.
Antena z rys. 2.2.12 wykonana jest z kabla koncentrycznego i jej całkowita długość dla pasma 10 m wynosi 6,7 m dla częstotliwości rezonansowej 28,5 MHz. Gniazdo koncentryczne można wbudować do plastikowego pudełka np. od filmu małoobrazkowego. Na rysunku pudełko to przedstawiono linią przerywaną. Zmieniając proporcjonalnie długości poszczególnych odcinków anteny można dostosować ją do pracy w innych pasmach amatorskich, np. w pasmach 12 lub 15 m albo w paśmie CB 11 m. Rozwiązanie, opracowane przez DL1GQG pochodzi z nru 2/2003 miesięcznika "Funk".



Rys. 2.2.11. Antena J zasilana równolegle (a) i szeregowo (b)



Rys. 2.2.12. Antena J na pasmo 10 m

2.2.6. Anteny J dla różnych pasm amatorskich

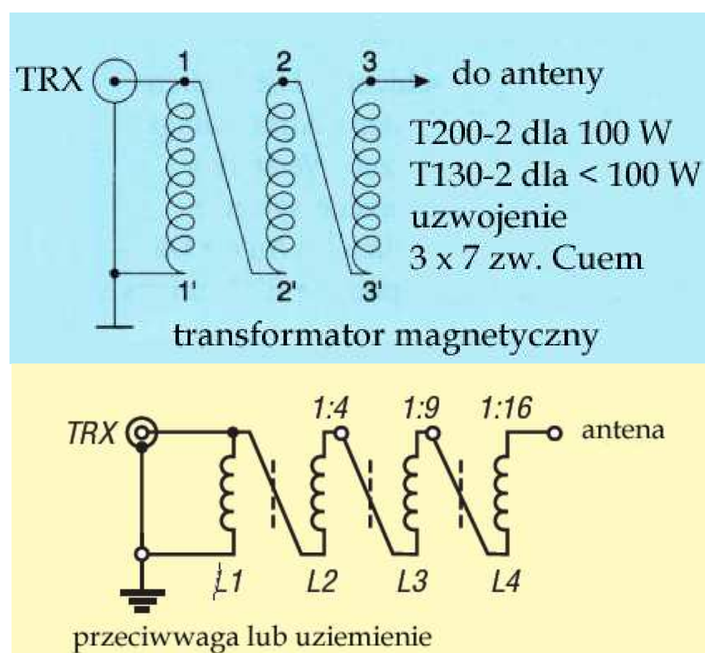
Tabela 2.2.1. Wymiary anten J wykonanych z drabinkowego kabla 450 Ω

Pasmo [m]	Długość promiennika [m]	Długość strojnika [m]	Odległość punktu zasilania od zwarcia [cm]	Szerokość pasma [kHz]
40	20,02	9,46	73,0	100
30	13,96	6,61	58,5	150
20	9,98	4,73	35,0	200
17	7,80	3,70	26,5	250
15	6,66	3,15	22,5	300
12	5,67	2,67	18,5	350
10	4,96	2,45	15,5	500
6	2,815	1,33	6,5	1000
2	0,975	0,47	3,5	1500

Dla kabla drabinkowego 450 Ω typu CQ552 o współczynniku skrócenia 0,905 długości promiennika i strojnika wyrażają się odpowiednio wzorami 0,471 λ i 0223 λ.
Dla dipola wykonanego z gołego, nieizolowanego przewodu jego długości dla wszystkich pasm długości są o 1 – 2 % większe od podanych w tabeli.
Dla strojnika wykonanego z kabla koncentrycznego RG-58, itp. odcinek kabla od zwarcia do punktu podłączenia zasilania ma długość 0,034 λ, a pozostała część 0,216 λ. Obie części i kabel zasilający najwygodniej jest połączyć ze sobą za pomocą trójnika typu T.

2.2.7. Transformator magnetyczny

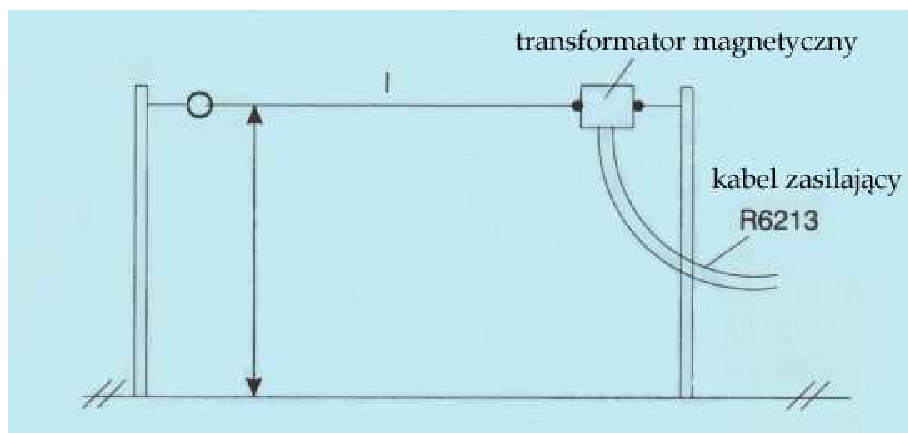
Transformator magnetyczny jest właściwie autotransformatorem złożonym najczęściej z trzech lub czterech sekcji uzwojenia nawiniętych odpowiednio tri- lub kwadrofilarnie. Linia zasilająca 50 Ω jest podłączona do sekcji dolnej, a transformator magnetyczny transformuje wysoką impedancję anteny zasilanej na końcu w dół odpowiednio 9- lub 16-krotnie. Konstruowane są także transformatory o dwóch odrębnych uzwojeniach.



Rys. 2.2.13. Schematy połączeń transformatora magnetycznego

W odróżnieniu od omawianych poprzednio rozwiązań anten z obwodem Fuchsa lub anten J długość anteny zasilanej przez transformator magnetyczny nie powinna być równa λ/2 ani λ/4. W idealnym przypadku gdy impedancja wejściowa takiej anteny jest dla częstotliwości pracy zbliżona do 450 Ω (dla przekładni 9:1) lub 800 Ω (dla przekładni 16:1) jest ona transformowana – w dół – na impedancję zbliżoną do 50 Ω co zapewnia dobre dopasowanie. W przypadku ogólnym wysoka impedancja anteny zasilanej na końcu jest transformowana w dół o tyle, że wbudowana do radiostacji skrzynka antenowa lub skrzynka zewnętrzna bezpośrednio z nią połączona może zapewnić prawidłowe dopasowanie.
Pojemności własne uzwojenia nawiniętego pojedyńczo ograniczają zakres zastosowań transformatorów przeważnie do okolic pasma 15 m, ale jest to zależne od sposobu ich wykonania. Dla wyższych częstotliwości pracy do pasma 6 m włącznie konieczne jest nawijanie try- lub kwadrofilarnie.
Długości przewodów są dowolne w szerokich granicach ale należy unikać przypadków (kombinacji długości anteny i pasma pracy), w których impedancja wejściowa anteny jest niska – niższa od 50 – 100 Ω – ponieważ po transformacji w dół otrzymuje się impedancję na tyle niską, że uniemożliwia to praktycznie jej dopasowanie. Transformatory magnetyczne są nawijane na rdzeniach pierścieniowych, a przy ich wyborze należy zwrócić uwagę na to, aby nie uległy one przeciążeniu. Dla mocy 100 W dobrym wyborem będzie więc rdzeń proszkowy T200-2 lub rdzeń o zbliżonej średnicy. Dla QRP mogą

być to rdzenie o mniejszych wymiarach np. T130-2. Transformatory magnetyczne pn. MTFT są wprawdzie dostępne w sklepach ale ich konstrukcja jest na tyle prosta, że można je wykonać samodzielnie. Jeżeli mają one być umieszczone na zewnątrz należy zamknąć je w obudowie chroniącej przed deszczem, wilgocią i innymi wpływami środowiska. Ze względu na wymagane stosunkowo duże indukcyjności uzwojenia korzystne jest stosowanie rdzeni ferrytowych (np. FT240-43) zamiast proszkowych. Daje to zmniejszenie liczby zwojów, a co za tym idzie również pojemności własnych uzwojeń.



Rys. 2.2.14. Sposób zasilania anteny. Zamiast na maszcie zasilany koniec anteny może znajdować się na balkonie, przy oknie itp.

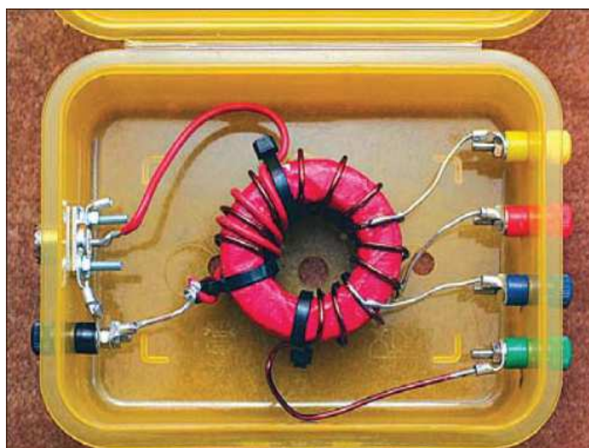
Tabela 2.2.2. Praktyczne długości anten dla poszczególnych pasm amatorskich dla transformatora o przekładni 9:1

Pasmo [m]	Długości [m] dla min WFS	Zbliżony zakres długości [m]
160	11	9 – 13,5
80	9 – 15; 50 – 54	6,5 – 22; 50 – 54
40	13,5; 54	9 – 16; 50 – 54
30	9; 22; 54	6,5 – 13,5; 18 – 27; 35 – 54
20	6,5; 16; 35; 54	6,5 – 9; 13,5 – 35; 45 – 50
17	13,5; 30; 54	6,5 – 54
15	11; 18; 30;45	7,5 – 54
12	9; 16; 22; 45	6,5 – 54
10	13,5; 45; 50; 54	6,5 – 54
6	6,5; 13,5; 22; 30; 41,5; 50	6,5 – 54

Tabela pochodzi z nr 7/2005 miesięcznika „Funk” i została tam zacytowana z austriackiego organu OEVSV – „QSP”.

Na wyjściu antenowym transformatora występują wysokie napięcia od kilkuset V do ponad kilowolta w zależności od przekładni i mocy nadajnika, a płynące w transformatorze prądy zależnie od mocy nadawania rzędu od 1,5 do kilku A – przy mocach QRP są one wyraźnie mniejsze. Dla większych mocy konieczne może być też sklejenie ze sobą dwóch rdzeni. Uzwojenie można, a przy większych mocach nawet należy owinąć taśmą teflonową. Reaktancja uzwojenia pierwotnego lub dolnej sekcji transformatora dla najniższego pasma powinna być orientacyjnie rzędu 200 Ω – dla pasma 160 m odpowiada to indukcyjności 17,5 µH. Przy przekładni 9:1 reaktancja całego uzwojenia wynosi więc ok. 1800 Ω. Dla rdzenia FT240-43 o A_L = 1075 nH/zw.^{2} każda z sekcji ma po trzy zwoje.





Fot. 2.2.15. Przykład wykonania transformatora kwadryfilarnego nawiniętego kablem płaskim

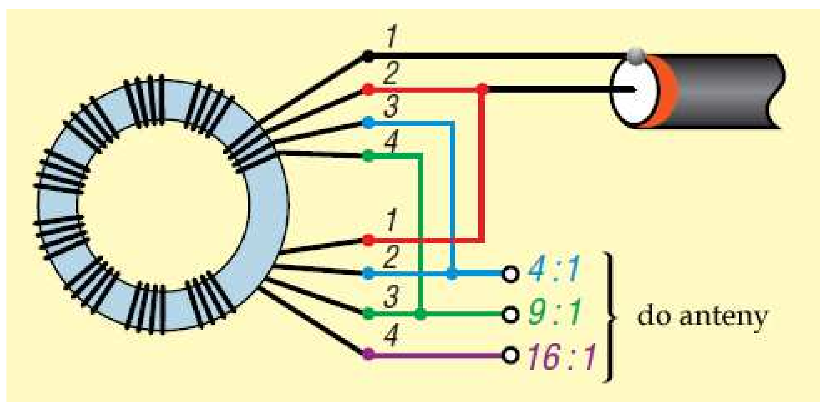
Fot. 2.2.16. Transformator z odczepami dla przekładni 1:6, 1:9, 1:12 i 1:16.



Fot. 2.2.17. Cztery przewody licy 1,5 mm^2 w izolacji teflonowej sklejone taśmą przygotowane do nawinięcia uzwojenia kwadryfilarnego transformatora magnetycznego (źródło „Funkamateur” 4/2015)



Fot. 2.2.18. Kwadryfilarny transformator magnetyczny o trzech przekładniach na rdzeniu FT240-43 obciążony opornikiem na czas pomiarów (źródło „Funkamateur” 4/2015)

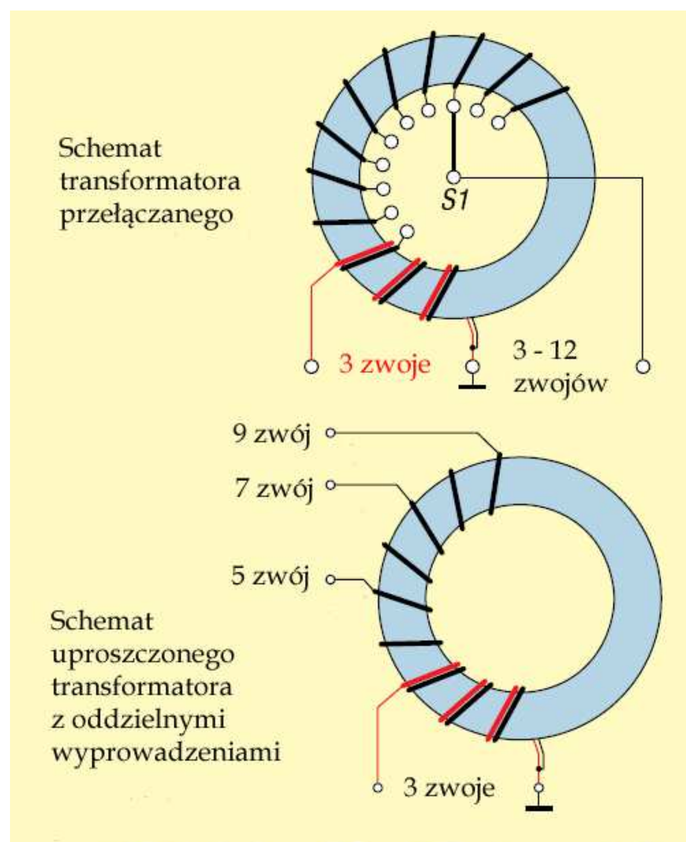


Rys. 2.2.19. Schemat połączeń transformatora (źródło „Funkamateur” 4/2015)

Zamiast oddzielnych wyprowadzeń można także w transformatorze magnetycznym zastosować przełącznik odczepów jak to widać na ilustracji 2.2.20. Transformator jest nawinięty na rdzeniu FT240-43. Uzwojenie pierwotne składa się z 3 zwojów, a wtórne z 12, z odczepami po każdym zwoju od 3 do 12. Pozycję przełącznika lub odczep w innych rozwiązaniach dobiera się tak aby uzyskać możliwie najniższy współczynnik fali stojącej (WFS). W zależności od posiadanego przełącznika można też ograniczyć liczbę odczepów albo także i liczbę zwojów uzwojenia wtórnego. W wielu sytuacjach wystarczy ograniczenie liczby zwojów do dziewięciu, a co za tym idzie liczby pozycji przełącznika do sześciu.



Fot. 2.2.20. Transformator magnetyczny z obrotowym przełącznikiem odczepów

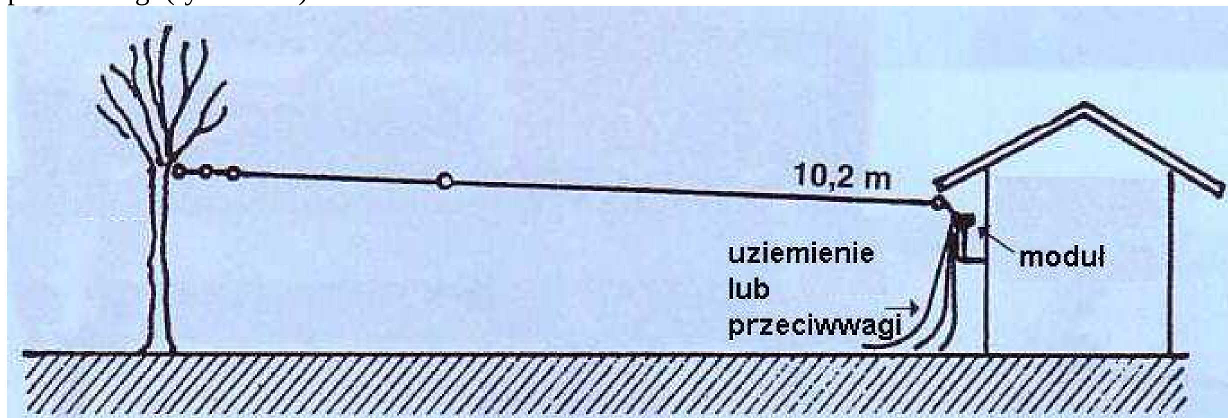


Rys. 2.2.21. Schemat transformatora magnetycznego

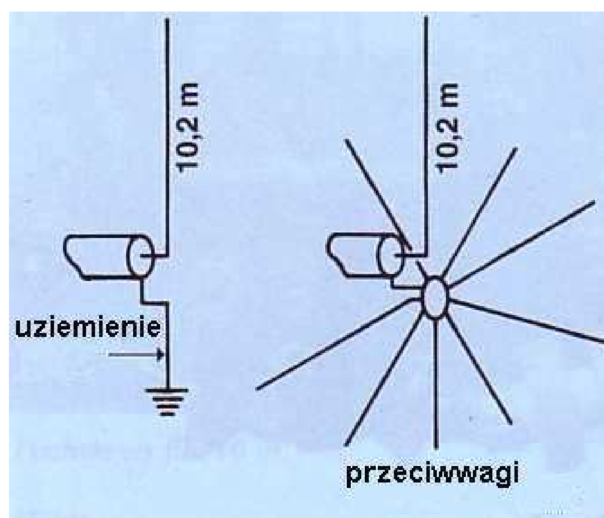
2.2.8. Krótka antena na wszystkie pasma KF

Skonstruowana przez DJ3RW ("Funk" 10/2004) antena składa się z przewodu o długości 10,2 m i wymiennych modułów dopsowujących jej długość elektryczną do poszczególnych pasm amatorskich (rys. 2.2.22). Przewód 10,2 m odpowiada w przybliżeniu długości λ/4 dla pasma 40m, 3/4 λ dla pasma 15 m, λ/2 dla pasma 20 m i λ dla pasma 10 m. Po dodaniu cewek przedłużających można uzyskać

rezonans λ/4 dla pasm 160 i 80 m oraz 3/4 λ dla pasma 17 m. Kondensatory skracające pozwalają na uzyskanie rezonansów λ/4 w paśmie 30 m i 3/4 λ w pamie 12 m. Zmiana pasma wymaga wymiany modułu zawierającego odpowiednie elementy, dlatego też najwygodniej jest rozwiesić antenę tak aby jeden z jej końców znajdował się w łatwo dostępnym miejscu np. przy oknie lub na balkonie jak to widać na ilustracji 2.2.22. Dla prawidłowej pracy anteny konieczne jest dobre uziemienie lub przeciwwagi (rys. 2.2.23).



Rys. 2.2.22. Konstrukcja anteny



Rys. 2.2.23

Antena i zasilający ją kabel koncentryczny są podłączone do puszki zawierającej gniazdo koncentryczne i gniazdka bananowe, do których wtykane są również moduły (fot. 2.2.24). Moduły pasmowe wykonane są na płytkach z pleksiglasu, do których przymocowane są ew. karkasy cewek. Wygląd modułów przedstawiono na kolejnych fotografiach.

Elementy modułów oblicza się w oparciu o następujące zależności:

1. Długość fali: λ[m] = 300 / f [MHz]
2. Długość przewodu antenowego w stopniach kątowych: H = 1 / λ x 360 ° [°], gdzie l jest długością przewodu w metrach
3. Współczynnik smukłości anteny: S = l / d, gdzie l jest długością przewodu, a d – jego średnicą.
4. Impedancja falowa przewodu antenowego: Z = 60 ln(1,15 S) [Ω]
5. Reaktancja pojemnościowa anteny (bez kompensacji): X_C = Z / tan H [Ω]
6. Reaktancja elementu kompensującego X_L = -X_C
7. Indukcyjność cewki: L = X_L / (6,28 x f) [µH]
8. Liczbę zwojów (dla cewki powietrznej o długości uzwojenia równej średnicy cewki lub do 4 razy większej) oblicza się ze wzoru:

$L = (n^2 \times 1{,}256 \times 3{,}14 \times r^2) / (l + 0{,}9 \times r)$ [µH]

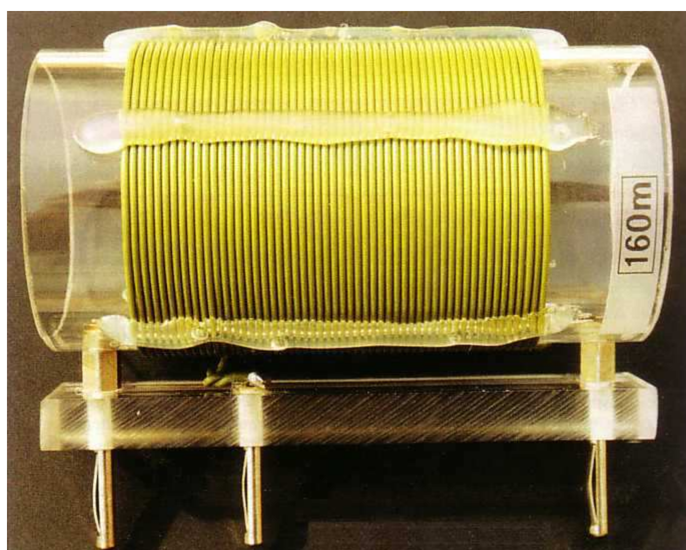
gdzie n jest liczbą zwojów, l – długością uzwojenia [m], a r – promieniem cewki (z uwzględnieniem grubości przewodu nawojowego) [m]

9. Odczep dopasowujący antenę do impedancji kabla zasilającego:
$n1 = n \times (Z1 / X_L)^{0,5}$
gdzie n jest liczbą zwojów cewki, n1 – liczbą zwojów od dołu do miejsca odczepu, Z1 – impedancją kabla zasilającego (50 Ω) i X_L – reaktancją cewki.



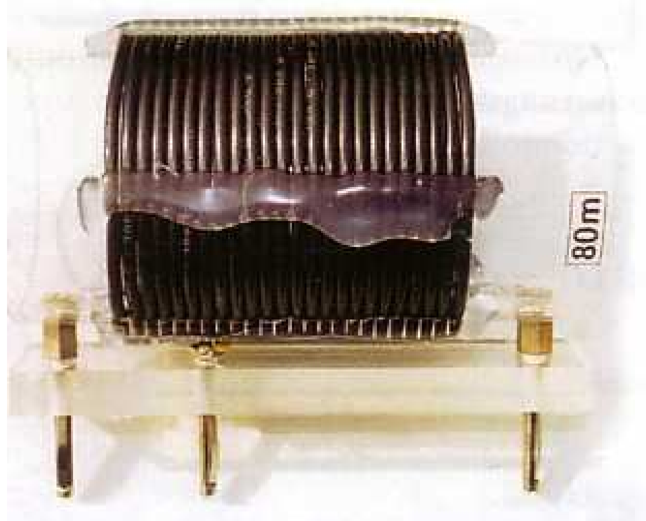
Fot. 2.2.24

Przykład obliczeń cewki dla pasma 160 m (fot.2.2.25 poniżej):



l = 10,2 m, d = 2 mm (0,002 m), f = 1,85 MHz
1. λ = 300 / 1,85 = 162 m
2. H = 10,2 / 162 x 360 ° = 22,7 °
3. S = 10,2 / 0,002 = 5100
4. Z = 60 x ln (1,15 x 5100) = 521 Ω
5. X_C = -521 / tan 22,7 ° = -1246 Ω
6. X_L = -X_C = 1246 Ω
7. L = 1246 / (6,28 x 1,85) = 107 µH
8. Przy założeniu nawinięcia cewki powietrznej przewodem 1,45 mm na karkasie pleksiglasowym o średnicy 60 mm otrzymujemy promień cewki r = (60 + 1,45) / 2 = 61,45 mm / 2 = 0,030725 m.
Dla uproszczenia obliczeń autor opracowania założył w pierwszym kroku liczbę 50 zwojów i ze wzoru 7 otrzymał indukcyjnoć 93 µH. W następnym przyblieniu autor przyjął 56 zwojów co dało L = 107,3 µH.
9. Odczep dopasowujący do 50 Ω kabla znajduje się w odległości 11,2 zwoja od uziemionego końca cewki.

Pasmo 80 m (fot. 2.2.26):



Indukcyjność cewki wynosi 22,9 µH. Cewka nawinięta licą o średnicy 3 mm na karkasie j.w. zawiera 24 zwoje z odczepem na 7 zwoju.

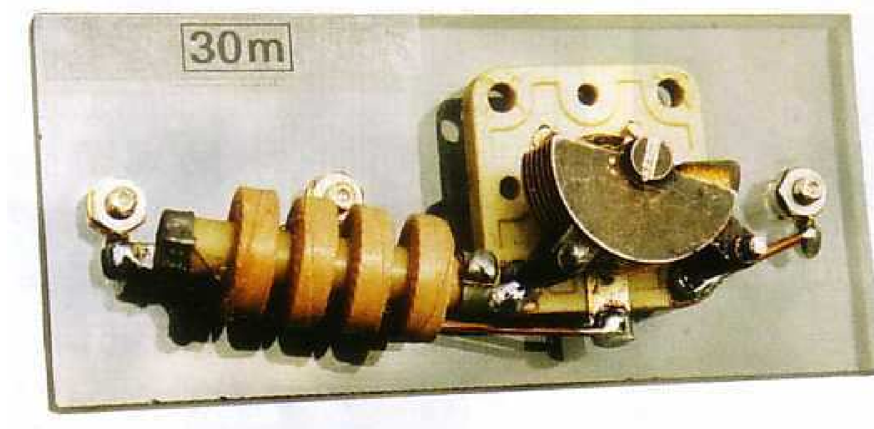
Fot. 2.2.26

Pasmo 40 m (fot. 2.2.27):
Antena jest połączona bezpośrednio z kablem zasilającym. Pomiędzy antenę i masę włączony jest dławik 2,5 mH odprowadzający do ziemi ładunki statyczne.



Fot. 2.2.27

Pasmo 30 m (fot. 2.2.28):

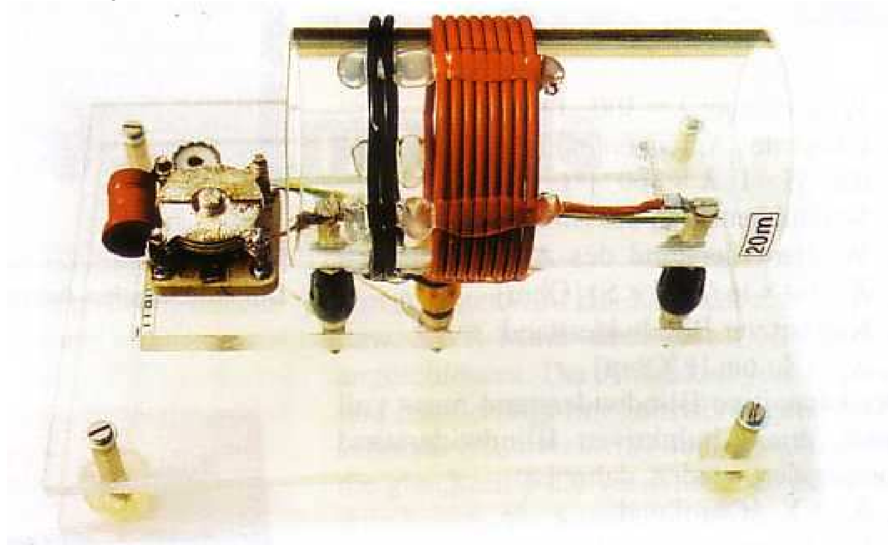


Długość dipola półfalowego dla częstotliwości 10,125 MHz wynosi 14,32 m natomiast ćwierćfalowego – 7,16 m. W oparciu o podane powyżej zależności obliczamy pojemność kondensatora skracającego anten do długości 1/4 fali.

Fot. 2.2.28

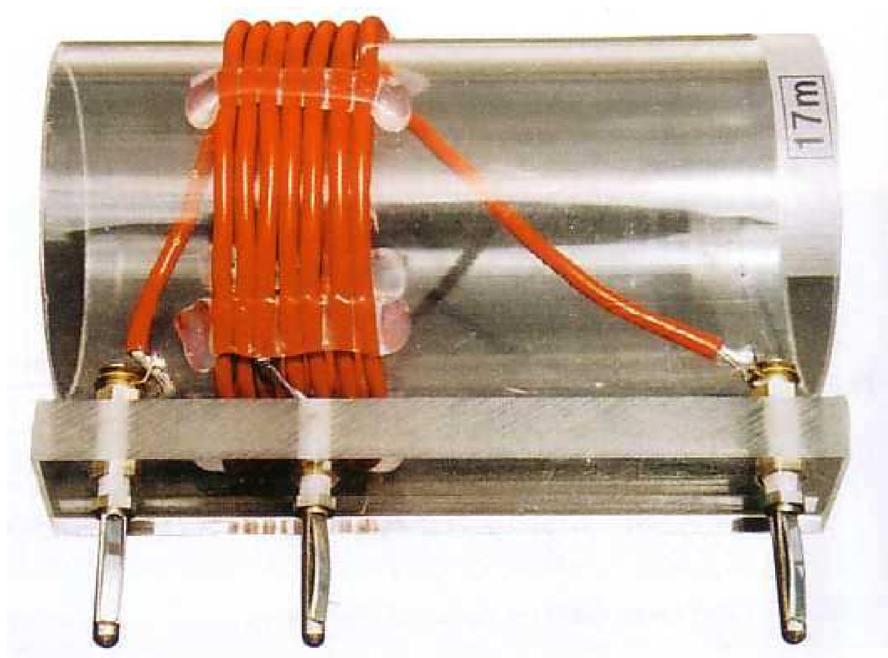
$\lambda = 300 / f = 300 / 10{,}125 = 29{,}63$ m
$H = 1 / \lambda \times 360° = 10{,}2 / 29{,}63 \times 360° = 123{,}9°$
$S = l / d = 10{,}2 / 0{,}002 = 5100$
$Z = 60 \times \ln(1{,}15 \times S) = 60 \times \ln(1{,}15 \times 5100) = 520{,}6\ \Omega$
$X_L = Z / \tan H = 520{,}6 / \tan 123{,}9° = 349{,}9\ \Omega$
$X_C = 1 / (6{,}28 \times f \times C)$
$C = 1 / (6{,}28 \times 10{,}2 \times 349{,}9) = 44{,}9$ pF
W module zastosowano trymer powietrzny oraz dławik uziemiający 2,5 mH analogicznie jak w module dla pasma 40 m.

Pasmo 20 m (fot. 2.2.29):
Antena stanowi dipol półfalowy i charakteryzuje się wysoką impedancją wejściową. W celu dopasowania jej do impedancji kabla zastosowano obwód Fuchsa z dodatkowym uzwojeniem sprzęgającym. Indukcyjność obwodu wynosi 4,8 µH (8 zwojów licą 3 mm), pojemność składa się z kondensatora ceramicznego 20 pF/3 kV i równoległego trymera powietrznego 12,5 pF. Cewka sprzęgająca zawiera dwa zwoje.



Fot. 2.2.29

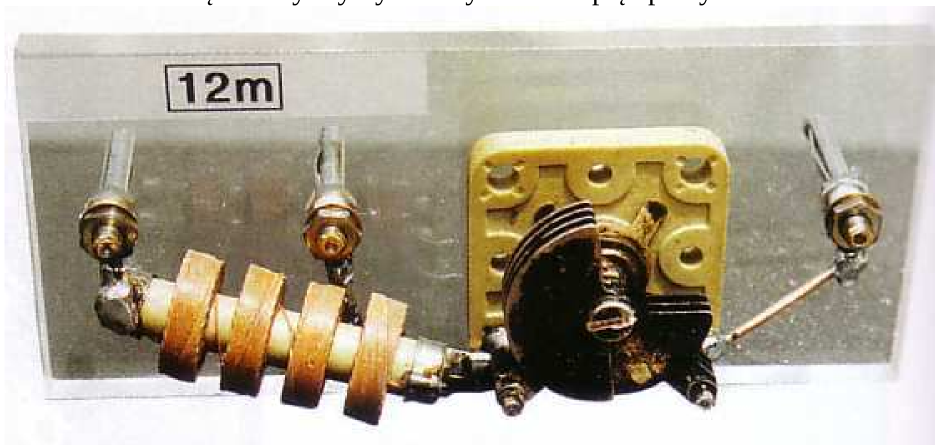
Pasmo 17 m (fot. 2.2.30):
Dipol półfalowy dla 18,1 MHz powinien mieć długość 8,01 m. Dla otrzymania dipola 3/4 falowego należy przedłużyć go o pozostałe 2,19 m za pomocą cewki o indukcyjności 3,44 µH. Cewka składa się z 7 zwojów nawiniętych licą 3 mm z odczepem po 2,5 zwoja.



Fot. 2.2.30

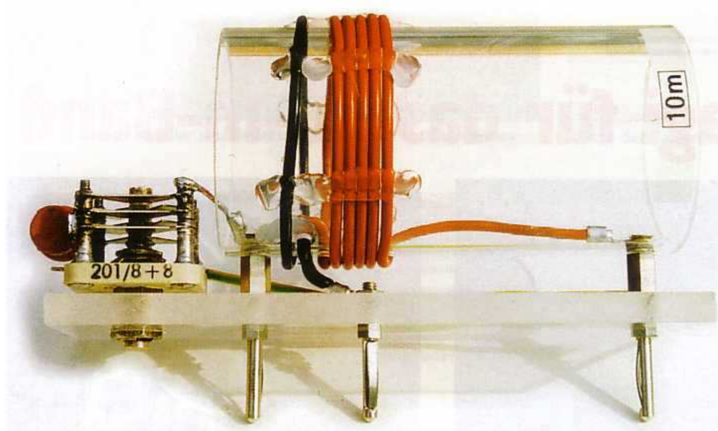
Pasmo 15 m (fot. 2.2.27):
Wykorzystywany jest ten sam moduł co dla pasma 40 m, antena ma długość 3/4 fali.

Pasmo 12 m (fot. 2.2.31):
Połówka fali ma długość 5,81 m, 1/4 fali – 2,91 m, a więc dla uzyskania rezonansu należy skrócić pozostałe 4,39 m do 2,91 m za pomocą kondensatora. Z obliczeń przeprowadzonych w sposób identyczny jak dla pasma 30 m otrzymujemy pojemność 14,5 pF. W module zastosowano trymer powietrzny 30 pF i dławik uziemiający 2,5 mH. W odróżnieniu od kondensatorów stosowanych w obwodzie Fuchsa nie muszą one wytrzymywać wysokich napięć pracy.



Fot. 2.2.31

Pasmo 10 m (fot. 2.2.32):
Dla częstotliwości 28,4 MHz antena stanowi dipol całofalowy i może być dopasowana za pomocą obwodu Fuchsa. Obwód składa się z cewki o indukcyjności 2,8 µH (5 zwojów licą 3 mm), kondensatora ceramicznego 8 pF/3 kV i trymera powietrznego 4,5 pF. Uzwojenie sprzęgające stanowi pojedyńczy zwój.



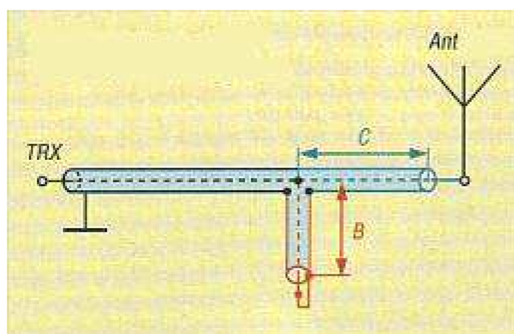
Fot. 2.2.32

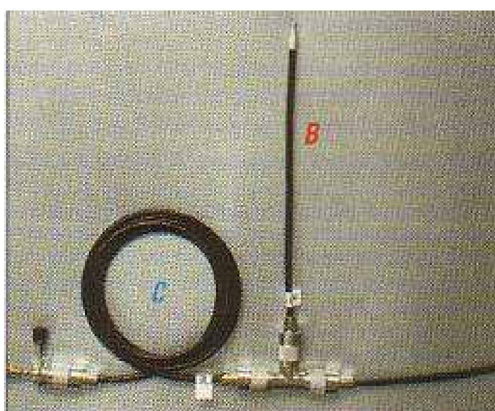
2.2.9. Siedmiopasmowa antena J

Antena składa się z wibratora (dipola) pionowego o długości 9,4 m dopasowanego do nadajnika za pomocą ćwierćfalowego, zwartego na końcu, strojnika wykonanego z odcinka kabla koncentrycznego. Wibrator ma, przy uwzględnieniu współczynnika skrócenia długość pełnej fali dla pasma 10 m, 1/2 - dla pasma 20m, 3/4 - dla pasma 15 m, 5/8 - dla pasma 17 m i 1/4 - dla pasma 40 m. Dla pasm 12 m (5/8 fali), 15 m (1/2 fali) i 30 m (1/4 fali) można zamiast niego użyć wibratora o długości 7,00 m. Zasada pracy strojnika jest przedstawiona na rys. 1. Dla kabli RG58, RG59, RG62, RG213 i RG174 (o współczynniku skrócenia 0,66), długości odcinków B i A wynoszą odpowiednio:
C = V x 0,216 λ = 0,66 x 0,216 λ
B = V x 0,034 λ = 0,66 x 0,034 λ
gdzie λ – długość fali w wolnej przestrzeni.
Wymiary anteny i elementów dopasowujących podano w tabeli poniżej:

Tabela 2.2.3

Pasmo	Wibrator [m]	Przeciwwaga [m]	B [m]	C [m]
10 m	9,40		0,24	1,46
12 m	7,00	2,84	0,34	1,46
15 m	7,00		0,34	2,03
15 m	9,40	9,40	-	-
17 m	9,40	3,93	0,48	2,03
20 m	9,40		0,48	2,98
30 m	7,00	7,00	-	-
40 m	9,40	9,40	-	-





Rys. 2.2.33. Zasada dopasowania anteny Fot. 2.2.34. Linia dopasowująca ze strojnikiem

Jak wynika z tabeli 2.2.3 dla wszystkich wymienionych pasm wastarczy zastosowanie trzech długości odcinków B i C. Odcinki B, C i kabel zasilający najlepiej połączyć ze sobą za pomocą trójnika T. Sposób wykonania przedstawiono na rys. 2.2.34, a widok przykładowej anteny – na fot. 2.2.35. Wibrator jest umocowany na maszcie z tworzywa sztucznego, ew. przeciwwaga na pionowym pręcie np. wędce. Użycie kilku przeciwwag zwiększa sprawność anteny. Przestrojenie anteny na inne pasmo wymaga w większości przypadków jedynie wymiany odcinków kabla B i C. Dla pasm 15 i 40 m odpada użycie obu odcinków kabla i rozgałęźnika T.

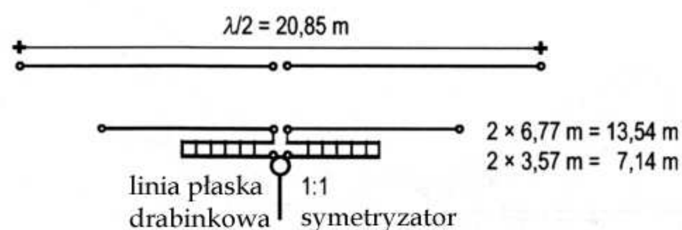


Konstrukcja anteny (DL8LBK; "Funkamateur" 6/2002) jest na tyle prosta, że może być ona łatwo stosowana w warunkach urlopowych lub polowych.

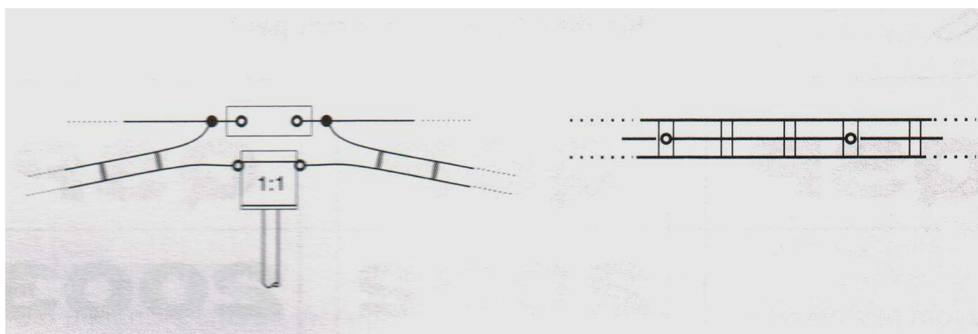
Przyglądając się nieco dokładniej sposobowi zasilania anteny łatwo zauważyć, że jest to w zasadzie odmiana anteny typu J, stosowanej często w zakresach UKF i czasami KF. W antenach tego typu zwarty na końcu transformator ćwierćfalowy służy do dopasowania anteny o długości λ/2 –- lub jej wielokrotności – zasilanej na końcu, czyli do transformacji wysokiej oporności wejściowej anteny do linii zasilającej (50 Ω). Wibrator może być zawieszony poziomo lub pionowo, a nawet może zwisać w dół.

2.3. Antena przedłużona za pomocą odcinków równoległego kabla płaskiego

Ilustracja 2.3.1 przedstawia sposób elektrycznego przedłużenia skróconej mechanicznie anteny dipolowej na pasmo 40 m. W konstrukcji opisanej przez OE3REB w numerze 12/2002 austriackiego miesięcznika „QSP” jako element przedłużający zastosowano odcinki płaskiego kabla drabinkowego 450 Ω o długości 2 x 3,57 m (7,14 m). Ramiona dipola o długości 2 x 8,77 m (13,54 m) wykonanego z przewodu o średnicy ok. 2 mm są przeciągnięte przez otwory w linii drabinkowej. Uzyskano w ten sposób skrócenie anteny do 13,54 m w porównaniu z długością 20,85 m dla dipola pełnowymiarowego. Opisane rozwiązanie jest jedynie przykładem i można je łatwo dostosować do innych pasm amatorskich. Dokładne długości odcinków przedłużających i skróconego dipola ustala się na podstawie pomiarów za pomocą analizatora antenowego lub reflektometru.

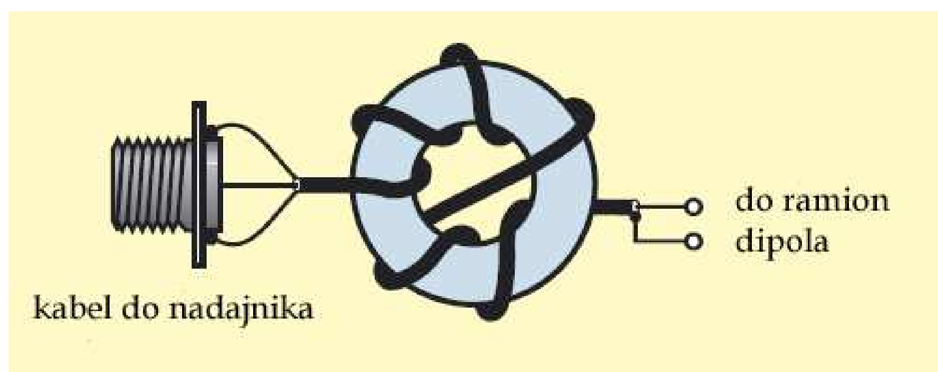


Rys. 2.3.1. Antena na pasmo 40 m przedłużona liniowo.



Rys. 2.3.2. Szczegóły konstrukcyjne anteny

Rys. 2.3.2 przedstawia sposób wykonania anteny przy użyciu płaskiej linii drabinkowej o oporności falowej 450 Ω. W rozpórkach kabla wykonano otwory (np. w co trzeciej), przez które przewleczony jest przewód stanowiący antenę. Przewody kabla są zwarte na końcach. Jako symetryzatora można użyć transtormatora nawiniętego na rdzeniu pierścieniowym lub symetryzatora wykonanego z kabla koncentrycznego. W porównaniu z przedłużaniem anteny za pomocą cewek sposób ten zapewnia zmniejszenie strat.



Rys. 2.3.3. Dławik nawinięty kablem RG-174 na rdzeniu pierścieniowym



Fot. 2.3.4. Dławik w puszce od instalacji elektrycznych (źródło „Funkamateur” 4/2015)

Antena jest zasilana symetrycznie co oznacza konieczność zastosowania albo symetryzatora 1:1, albo dławika zapobiegającego płynięciu prądów w.cz. po zewnętrznej stronie ekranu kabla (prądów asymetrii). Oba sposoby zaliczają się do standardowych metod zasilania dipoli.
Dławik z rys. 2.3.3 jest nawinięty na rdzeniu pierścieniowym FT140-77 i składa się 2 x 4 zwojów. Dla mocy nie przekraczających 150 W wystarczy nawinąć do kablem koncentrycznym RG-174. Można zastosować także rdzeń FT140-43 i nawinąć 2 x 4 zwoje kablem RG-178 w izolacji teflonowej – dla mocy 100 W. Dla mocy 750 W konieczny jest rdzeń FT240 -43 i do nawinięcia – kabel Aircell 5.
Dławik z ilustracji 2.3.4 jest nawinięty na rdzeniu FT240-43 o współczynniku A_L = 1075 nH/zw.[2].
Dławik opisany w FA 4/2015 pracuje w zakresie od 160 do 6 m w zakresie mocy do 1 kW. Według danych fabrycznych rdzeń FT240-43 z ferrytu niklowo-cynkowego jest przewidziany do nawijania symetryzatorów (o dowolnych przekładniach) pracujących w zakresie 1,5 – 50 MHz i dławików – w zakresie 20 – 250 MHz.





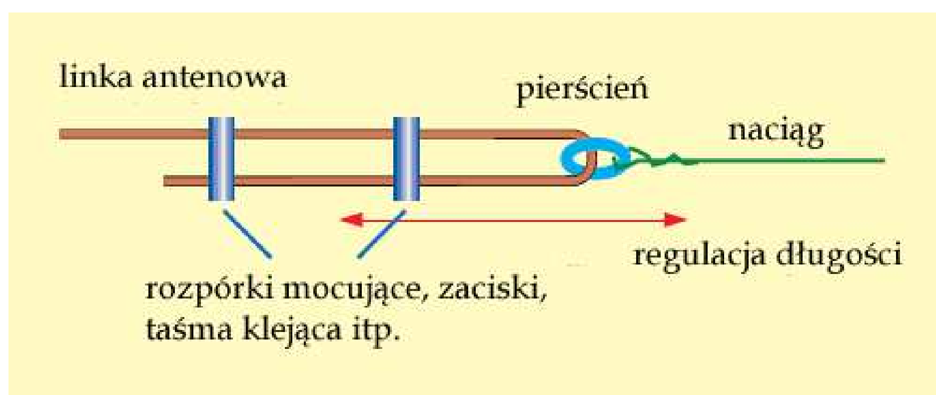
Fot. 2.3.5. Dławik powietrzny KF powstały przez nawinięcie kabla na rurce plastikowej

Fot. 2.3.6. Dławik na pasmo 2 m nawinięty kablem RG-174. Dopuszczalna obiążalność – 100 W

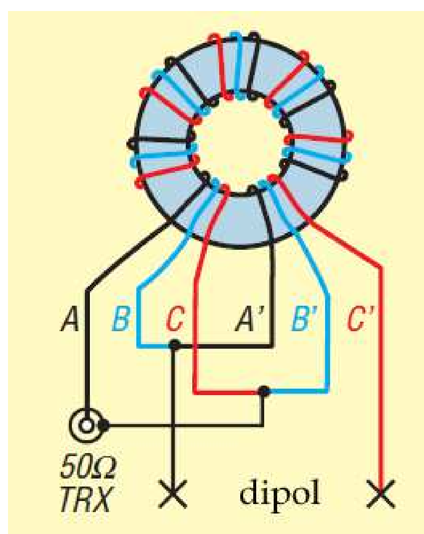
Dławik z fot. 2.3.5 zawiera 15 – 20 zwojów kabla na rurce o średnicy 40 – 50 mm. Na zdjęciu rurka jest nałożona na maszt anteny terenowej. Końce kabla są przewleczone przez otwory w niej. Dla mocy 250 W może to być także 10 zwojów kabla RG-188 nawiniętych na rurze z PCV o średnicy 25 mm.



Fot. 2.3.7. Dławik złożony z 20 rdzeni pierścieniowych FK20 nawleczonych na kabel współosiowy. Typ rdzenia zależy od średnicy kabla



Rys.2.3.8. Sposób dostrajania anteny przez zmianę długości zagiętego odcinka bez konieczności jego obcinania

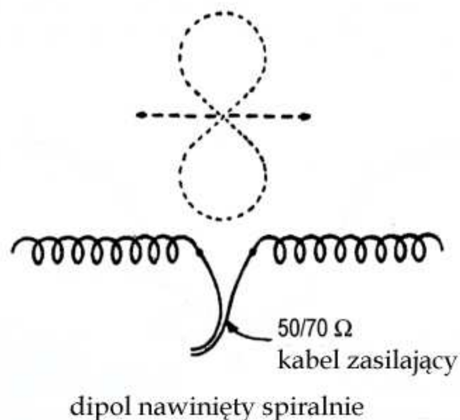


Rys. 2.3.9. Symetryzator nawinięty na rdzeniu pierścieniowym (źródło: FA 3/2009)

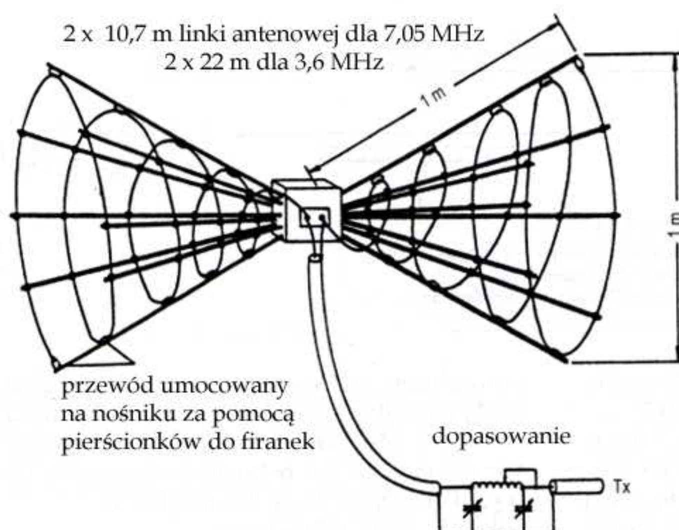
Symetryzator ze schematu 2.3.9 jest nawinięty tryfilarnie na rdzeniu pierścieniowym. Dla mocy nie przekraczających 200 W można użyć rdzenia FT140-77 firmy „Amidon”. Uzwojenie składa się z nawiniętych tryfilarnie przewodem Cuem 1 mm 7 zwojów. Tak wykonany symetryzator pracuje zakresie 3,5 – 50 MHz.

2.4. Dipole spiralne

Dla zmniejszenia wymiarów anteny dipolowe nawija się spiralnie na nośniku mechanicznym najczęściej z zachowaniem jednakowego odstępu między zwojami. Na tej zasadzie konstruowane są również anteny pionowe. Charakterystyka promieniowania tak wykonanej anteny spiralnej nie różni się w sposób istotny od charakterystyki anteny rozciągniętej. Elementy spiralne można zastosować również w dwu- lub więcej elementowych antenach kierunkowych.



Rys. 2.4.1

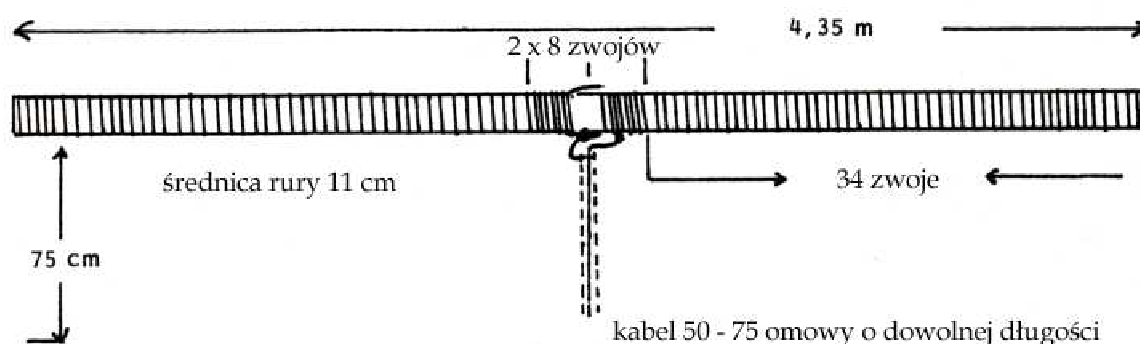


Rys. 2.4.2. Dipol nawinięty stożkowo

Na ilustracji 2.4.2 przedstawiony jest wariant anteny spiralnej, w którym przewód jest nawinięty na nośnikach o kształcie stożka. Dla podanych długości przewodu antena pracuje poza rezonansem i wymaga dodatkowego dopasowania. Charakterystyka promieniowania ma kształt elipsoidy.

2.4.1. Nawinięta spiralnie antena dipolowa na pasmo 40 m

Opisana w numerze 1/1985 miesięcznika CQDL antena ma długość 4,35 m. Promiennik jest nawinięty na plastikowej rurze o średnicy 11 cm. Każde z ramiona anteny zawiera 34 zwoje licy o przekroju 1,5 mm^2 (długość przewodu wynosi 15,5 m) plus 8 zwojów od strony zasilania. Odstęp pomiędzy zwojami uzwojenia środkowego wynosi 2 cm, a między pozostałymi 5,5 cm.
Antena jest zasilana kablem współosiowym o oporności falowej 50 – 75 Ω.



Rys. 2.4.3. Nawinięty spiralnie dipol na pasmo 7 MHz

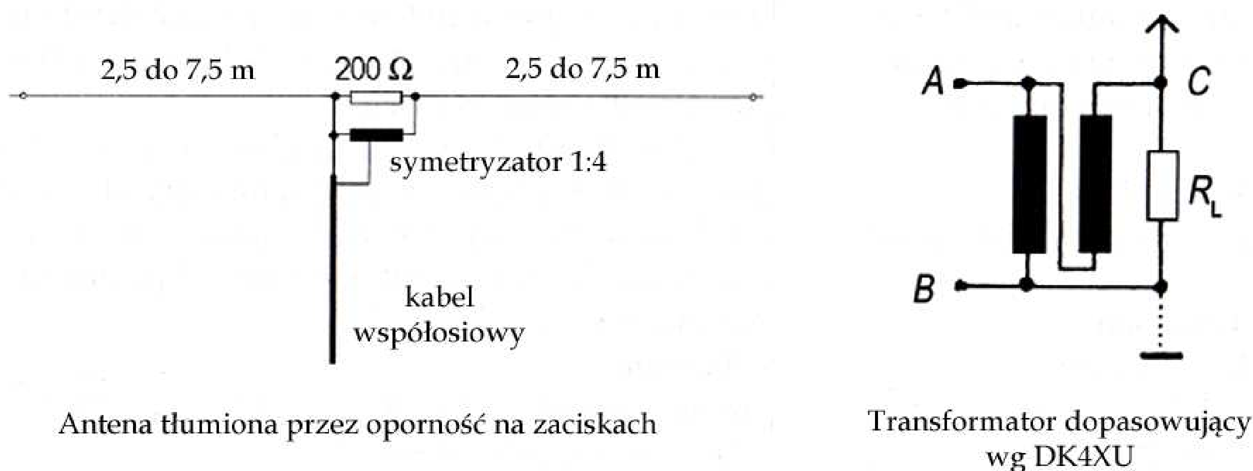
2.5. Antena SQ7MZL



Fot. 2.5.1. Antena SQ7MZL na Zjeździe Technicznym w Burzeninie (2016 r.)

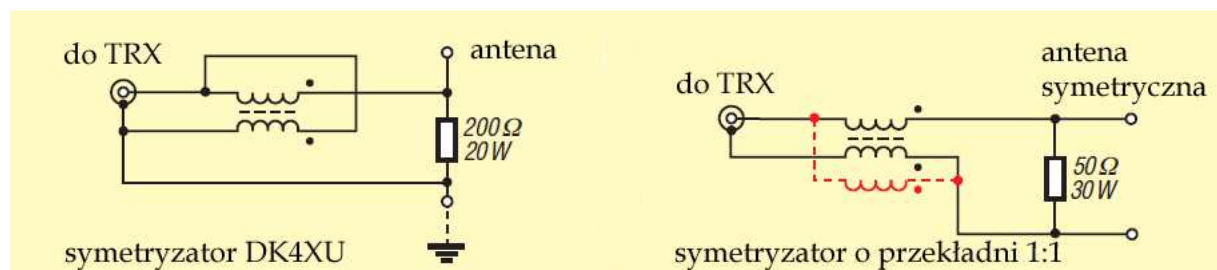
W antenie konstrukcji SQ7MZL, pokrywającej zakres fal krótkich i 50 MHz występuje tylko jedno stożkowe ramię, na którym nawinięto 7,5 m taśmy metalowej lub przewodu. Od zasilanego końca prze–wodu do masy włączona jest indukcyjność wykonana z rurki miedzianej, na którą nałożono cztery rdzenie pierścieniowe F2001 produkcji Polferu – antena jest więc zasilana równolegle do tej indukcyjności. Aby otrzymać wystarczającą indukcyjność rdzenie muszą mieć dostatecznie dużą przenikalność magnetyczną.
Próba wyjaśnienia zasady działania naprowadziła nas na aperiodyczną antenę skróconą obciążoną (tłumioną) opornością na zaciskach zwaną w poz. [2] promieniującym sztucznym obciążeniem (ang. *Dummy-Load-Antenne*).

Na wejściowych zaciskach skróconego aperiodycznego dipola włączony jest bezindukcyjny opornik obciążający, i zarazem tłumiący rezonanse. W wykonaniu przedstawionym na rys. 2.5.2 ma on oporność 200 Ω i jest dopasowany za pomocą autotransformatora o przekładni 1:4 nawiniętego na rdzeniu pierścieniowym. Dla zakresu fal krótkich podawane są w literaturze długości ramion 2,5 do 7,5 m. Możliwe jest także wykonanie niesymetryczne posiadające tylko jedno ramię. Drugi z zacisków jest wówczas uziemiony. Zalecana w literaturze długość przewodu dla fal krótkich powinna w tej konstrukcji leżeć w zakresie 5 – 15 m. Przewód może być nie tylko poprowadzony w linii prostej, ale również zwinięty np. na nośniku stożkowym jak to widać na zdjęciu 2.5.1.
Dla mocy nadawania rzędu 100 W moc strat opornika powinna wynosić co najmniej 20 W. Podawana w literaturze sprawność wynosi około 50%, a WFS w całym zakresie częstotliwości nie przekracza 2. Sprawność ta maleje w miarę obniżania częstotliwości pracy. W innych źródłach podawana jest nawet sprawność 10%.
Wydaje się, że w konstrukcji SQ7MZL rolę opornika obciążającego pełni indukcyjność o niskiej dobroci. Obciążająca antenę zastępcza oporność strat, włączona równolegle do indukcyjności (jak w opisanym dalej pętlowym dipolu aperiodycznym) powstaje dzięki stratom w rdzeniach. Hipoteza ta jest bardzo prawdopodobna gdyż według słów konstruktora antena funkcjonuje tylko przy niektórych dobranych rodzajach rdzeni, np. właśnie F2001.
W konstrukcji SQ7MZL nie występuje transformator dopasowujący, a zasilanie jest podłączone bezpośrednio do indukcyjności, którą należy sobie wyobrazić w miejscu opornika 200 Ω.



Rys. 2.5.2. Aperiodyczna antena skrócona obciążona opornością

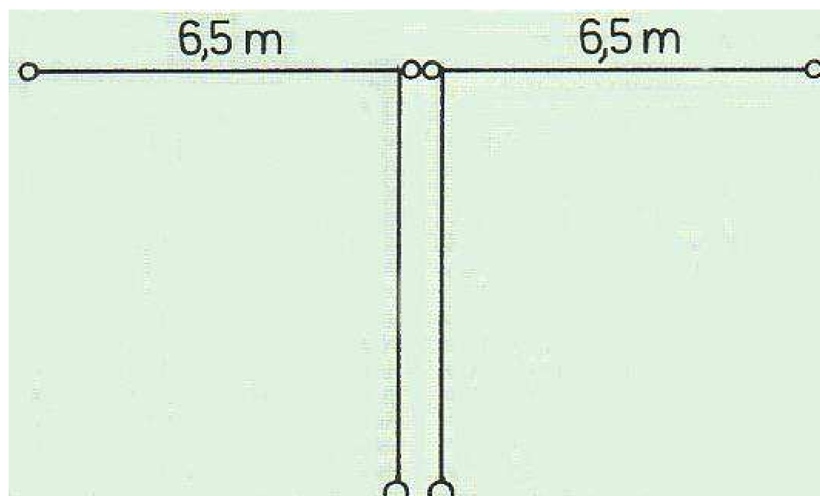
W artykule opublikowanym w numerze 11/1999 „Funkamateura" DL1AYJ proponuje także wariant z opornikiem 300 Ω i symetryzatorem o przekładni 1:6.
W numerze 4/2013 „Funkamateura" przedstawiony jest wariant transformatora symetryzującego z rys. 2.5.2 obciążony opornikiem 50 Ω/30 W. Symetryzator ten, opisany przez DL8OL, ma przekładnię 1:1. Sprawność takiego rozwiązania leży oczywiście poniżej 50%. Zaznaczone na ilustracji na czerwono uzwojenie daje wg DL8OL pewne usprawnienie symetryzatora.



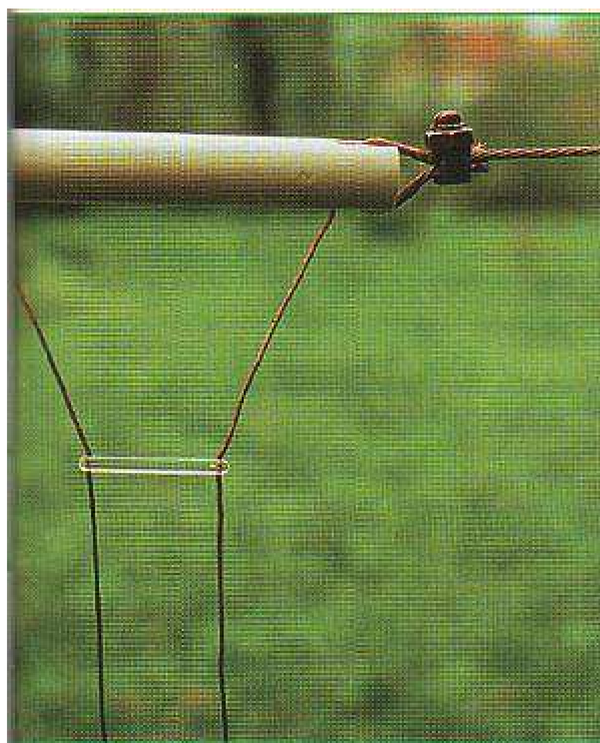
Rys. 2.5.3. Modyfikacja symetryzatora DK4XU

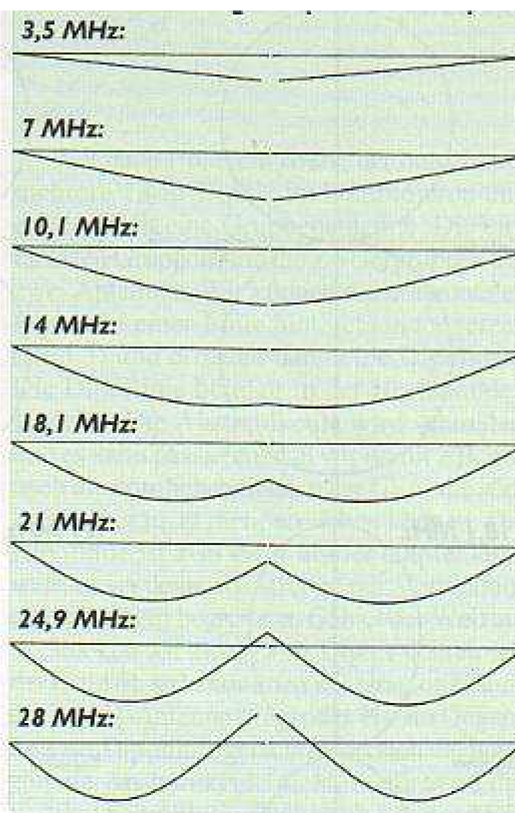
2.6. Antena aperiodyczna bez obciążenia opornościowego

Antena jest skróconym dipolem o długości 13 m (2 x 6,5 m), który może być wykorzystany na wszystkich krótkofalowych pasmach amatorskich od 80 do 10 m, włącznie z pasmami WARC. W odróżnieniu od poprzedniej nie jest ona obciążona opornością dzięki czemu unika się strat energii i poważnego zmniejszenia sprawności.
Dla wyjaśnienia jej działania poniżej przedstawiono rozkład prądu w ramionach anteny. Jak wynika z ilustracji jedynie na dwóch najwyższych pasmach prąd w części dipola jest w przeciwfazie co powoduje powstanie listków bocznych. Antena jest zasilana za pomocą powietrznej linii symetrycznej lub kabla o oporności falowej 450 omów. Długość linii zasilającej jest dowolna (źródło: "Funk" 8/1999 - DL1VU).



Rys. 2.6.1. Antena aperiodyczna

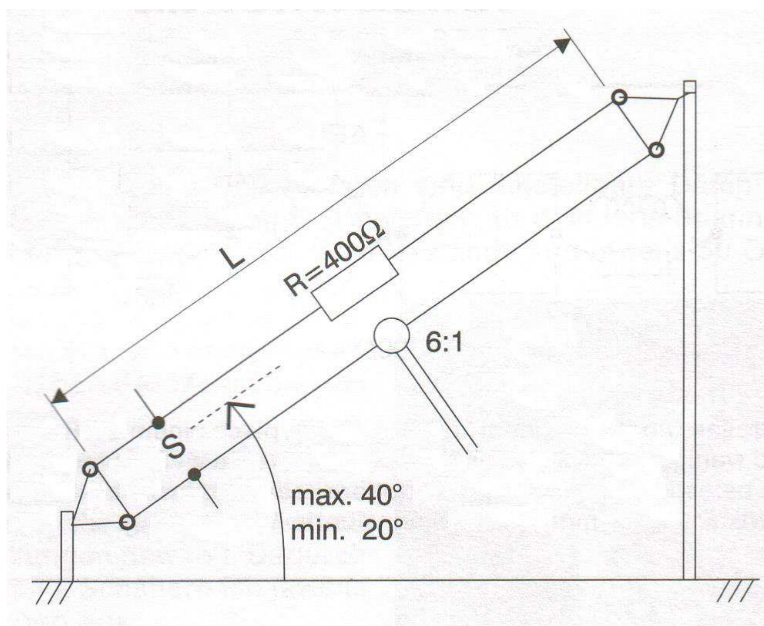

Rys. 2.6.2. Szczegóły konstrukcyjne anteny



Rys. 2.6.3. Rozkłady prądu

2.7. Pętlowy dipol aperiodyczny

W przedstawionym na ilustracji 2.7.1 dipolu szerokopasmowość uzyskuje się dzięki obciążeniu anteny za pomocą opornika, w którym tracone jest nawet do 50 % mocy nadajnika. Za tą cenę uzyskuje się szerokopasmowość 4:1 – 6:1 co pozwala np. na pokrycie wszystkich pasm amatorskich w zakresie 7-28 MHz. antena ta znama pod nazwą T2FD była dawniej stosowana przez marynarkę USA, a obecnie dzięki swojej prostocie jest stosowana w wielu sytuacjach awaryjnych.
Długość anteny L wynosi λ/3 dla najniższej częstotliwości pracy, a odległość ramion dipola S – 1 % długości tej fali. Dla pasm od 20 m wzwyż antena miałaby więc długość w przybliżeniu 7 m przy odstępie ramion 20 cm – co ułatwiałoby jej ukrycie.
Zasada pracy tego rodzaju anten polega na tym, że dzięki obciążeniu oporościowemu (w niektórych konstrukcjach stosowane jest równoległe połączenie opornika i indukcyjności) uzyskuje się prawie liniowy rozkład prądu na całej długości anteny niewiele zmieniający się w szerokim zakresie częstotliwości pracy. Współczynnik fali stojącej (WFS) leży poniżej 3:1, a przeważnie nawet poniżej 2:1. Opis pochodzi z nru 3/2003 austriackiego miesięcznika "QSP". Publikowane w literaturze wyniki pomiarów fabrycznych anten T2FD wskazują na różnice w stosunku do dipola -3,5 – -8 dB w zależności od pasma. Spotyka się także zalecenia aby przekładnię symetryzatora we własnych konstrukcjach obniżyć do 4:1.



Rys. 2.7.1. Wymiary i zawieszenie anteny

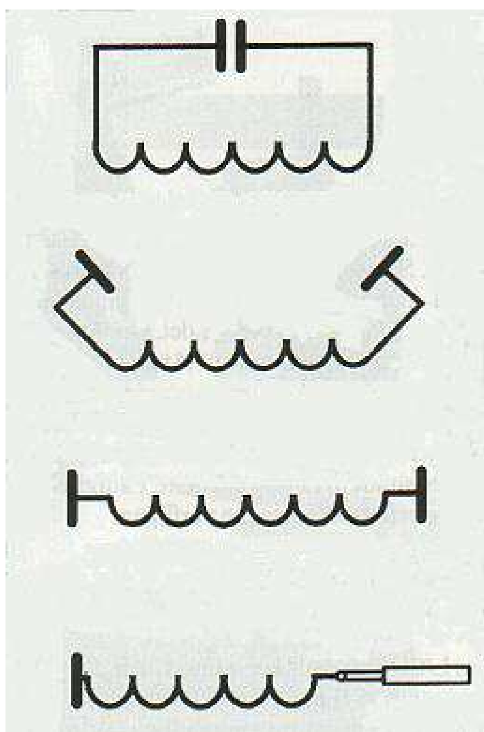
Tabela 2.1.7. Wymiary anteny dla różnych zakresów częstotliwości

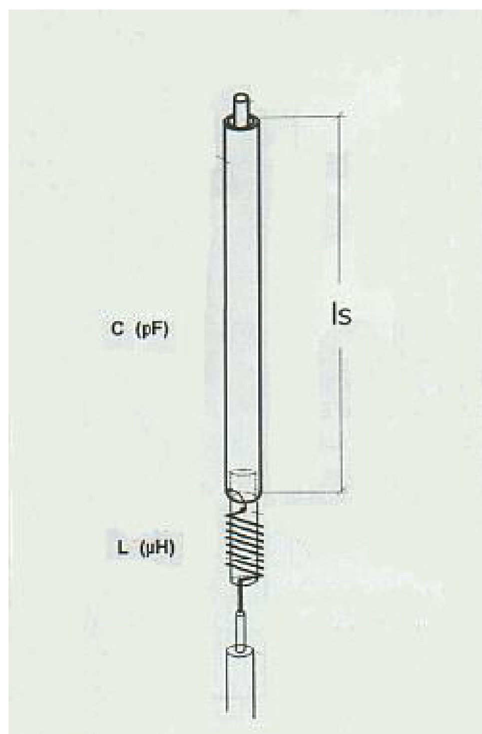
Zakres częstotliwości [MHz]	Długość L [m]	Szerokość S [m]
1,8 – 9	55,5	1,6
3,6 – 18	27,7	0,8
7 – 35	14,2	0,4
10 – 50	10,0	0,3
14 – 70	7,1	0,2

2.8. Krótka antena niesymetryczna

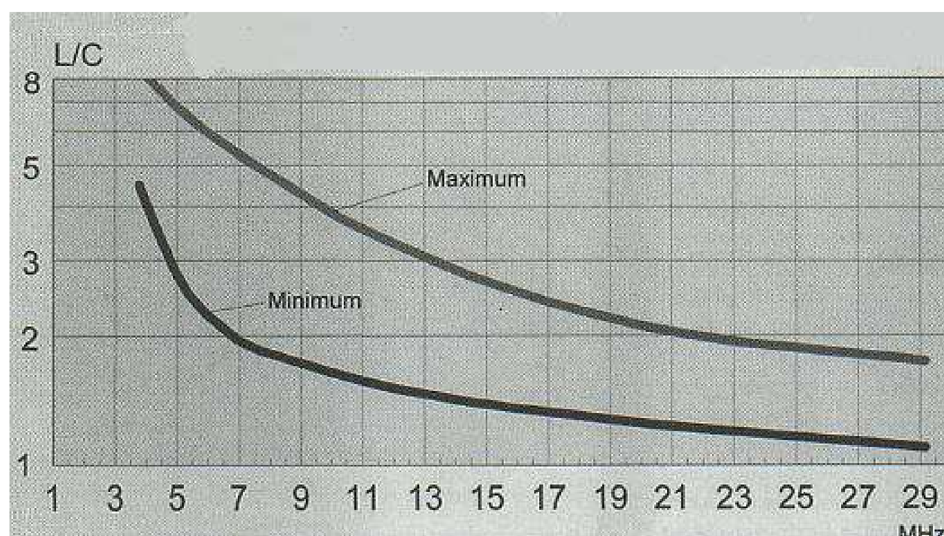
Antena ta – znana również pod nazwą „Micro Vert" – jest krótkim (a przez to nie rzucającym się w oczy) dipolem obciążonym pojemnościowo. Zasadę jej działania możemy wyjaśnić wyobrażając sobie obwód rezonansowy, który stopniowo przekształcamy oddalając od siebie okładki kondensatora, jak to widać na ilustracji 2.8.1. Skupione w pierwszym przypadku między okładkami pole elektromagnetyczne rozchodzi się coraz dalej w przestrzeni w miarę oddalania okładek. Po zastąpieniu jednej

z płaskich okładek kondensatora z trzeciego rysunku przez pojemność rurki metalowej otrzymujemy przedstawioną poniżej antenę. Elementem promieniującym anteny jest właśnie ta rurka stanowiąca jej pojemność obciążenia. Poprzez odpowiedni dobór elementów można otrzymać antenę pracującą w dowolnym paśmie amatorskim pomiędzy 3,5 i 30 MHz. Antena charakteryzuje się małymi rozmiarami (przykładowo dla pasma 40 m wystarczy długość rurki ok. 86 cm), zyskiem -6 – -10 dBd, sprawnością ok. 50 % i możliwością uzyskania oporności wejściowej 50 omów. Podobnie jak antena magnetyczna wykazuje ona własności selektywne.
Jako przeciwwaga służy odcinek kabla zasilającego o podanej dalej długości. Odcinek stanowiący przeciwwagę może być połączony z kablem zasilającym o dowolnej długości ale nie bezpośrednio, a poprzez dławik zapobiegający dalszemu rozchodzeniu się energii w.cz. po zewnętrznej stronie ekranu. Dławik taki można uzyskać przez nawinięcie kilku zwojów kabla na rdzeniu ferrytowym) np. pierścieniowym). Ekran przeciwwagi nie jest połączony z anteną. Przeciwwaga jest elementem promieniującym i dlatego nie powinna być zwijana.


Rys. 2.8.1



Rys. 2.8.2



Rys. 2.8.3. Wykres L/C (µH/pF) w funkcji częstotliwości

Na ilustracji 2.8.2 przedstawiona jest konstrukcja anteny dla pasma 40 m. Jest ona wykonana z rury aluminiowej o średnicy 22 mm. U góry widoczny jest odcinek rurki o mniejszej średnicy, służący do strojenia pojemności anteny. U dołu widoczna jest cewka nawinięta na rurce z PCV i podłączony do niej 50-omowy kabel koncentryczny.
Długość rurki stanowiącej pojemność anteny można obliczyć w przybliżeniu ze wzoru:
ls [mm] = 4700 / f [MHz].
Wzór ten uwzględnia przedstawione na wykresie 2.8.3 granice stosunku L/C (decydującego o dobroci, a więc i o szerokości pasma pracy anteny) i stanowi dobre przybliżenie dla całego zakresu KF.

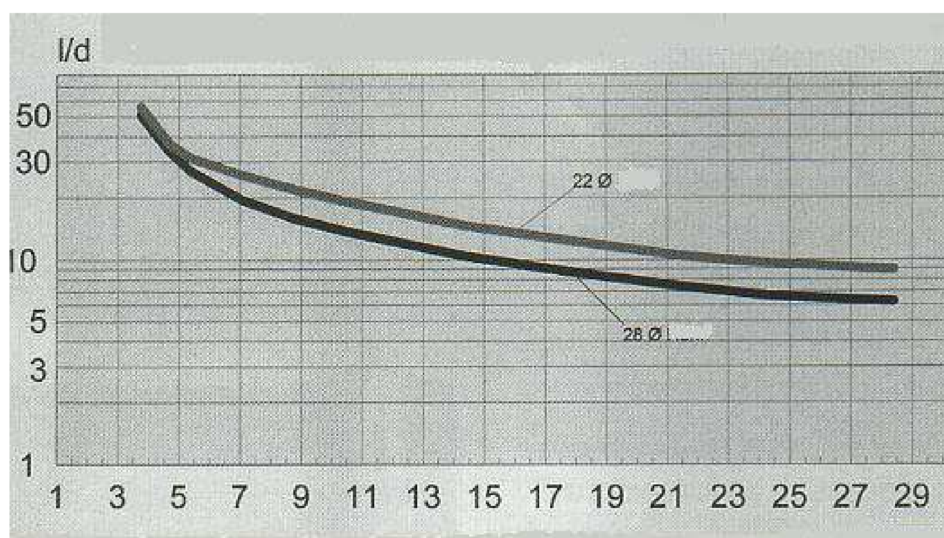
Pojemność rurki jest obliczana ze wzoru:

$$C\ [pF] = 19{,}1 \times ls \times \frac{1}{\log 0{,}575 \times (ls/d)}$$

gdzie ls i d są wyrażone w metrach. Stosunek ls/d – współczynnik smukłości – może leżeć (jak to widać na wykresie) w granicach od 6 (pasmo 10 m) do 60 (pasmo 80 m).
Po obliczeniu pojemności można obliczyć ze wzoru Thompsona indukcyjność niezbędną do uzyskania rezonansu:

$$L\ [\mu H] = \frac{(159/f)^2}{C\ [pF]}$$

Częstotliwość podana jest w MHz. Cewka nie musi mieć zbyt dużej dobroci. Przykładowo cewka dla pasma 40 m i przy założeniu 100 W mocy nadawania może być nawinięta przewodem 1 mm na korpusie o średnicy 20 mm zwój obok zwoju.
Długość kabla stanowiącego przeciwwagę wynosi: lp [m] = 55 / f [MHz]. O ile element promieniujący (rurka) powinien być oddalony od ścian i innych obiektów mogących zakłócić rozkład pola elektromagnetycznego o tyle przebieg i położenie przeciwwagi nie jest krytyczne.

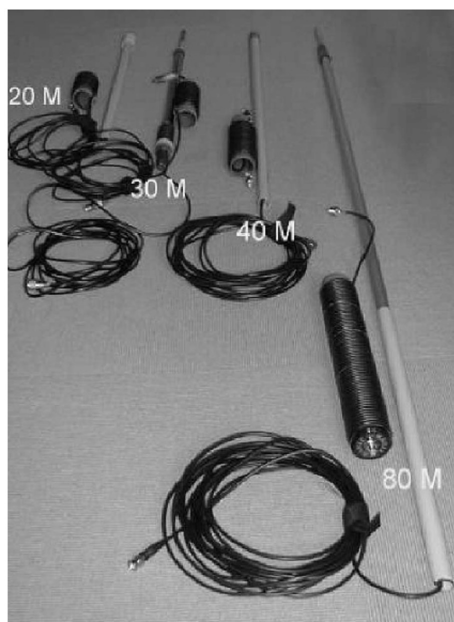


Rys. 2.8.4. Współczynnik smukłości ls/d w funkcji częstotliwości

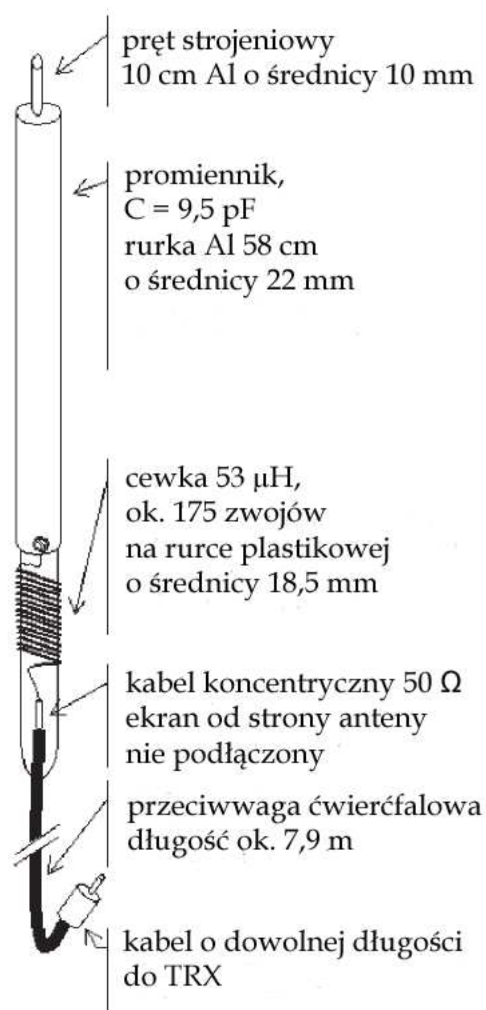
Dla zabezpieczenia anteny przed wpływami atmosferycznymi można nałożyć na nią plastikową rurę od instalacji wodnych lub elekrycznych zasłoniętą na końcu.
Na zakończenie warto zaznaczyć, że opierając się na przedstawionej na początku zasadzie przekształcania obwodu rezonansowego w antenę przez rozsuwanie okładek kondensatora skonstruowano również anteny typu „Isotron“ (fot. 2.9.1). W wyniku dualnego przekształcenia – rozciągnięcia cewki stanowiącej indukcyjność obwodu przy pozostawieniu kondensatora bez zmian – otrzymuje się antenę magnetyczną. Antena magnetyczna jest więc komplementarna do dipola obciążonego pojemnościowo.
Antena DL7PE została opisana w numerach 10 i 11/2000 miesięcznika "Funk".



Fot. 2.8.5. Widok anteny bez osłony



Fot. 2.8.6. Anteny „Micro Vert" własnej konstrukcji na pasma 80 – 20 m (źródło „QRP Report" 1/2002)



Rys. 2.8.7. Antena „Micro Vert" własnej konstrukcji na pasmo 40 m (źródło „QRP Report" 1/2002)

2.9. Antana „Isotron"



Fot. 2.9.1. Antena typu „Isotron" na pasma 20 i 40 m

Antena „Isotron" jest półotwartym szeregowym obwodem rezonansowym. Pojemność obwodu zawiera również pojemność między anteną, a ziemią i masztem i w ten sposób dokonuje się jej zgrubnego do-

strojenia. Precyzyjnego dostrojenia anteny do częstotliwości pracy dokonuję się za pomocą dodatkowej pojemności lub pałąka strojeniowego.
Antena ma dookokólną charakterystykę promieniowania, a polaryzacja jest zależna od jej położenia w stosunku do powierzchni ziemi i nie może być określona z góry. Fabrycznie produkowane są anteny na poszczególne pasma amatorskie od 160 do 6 m, na pasmo CB (11 m) oraz kombinacje 80/40 m i 20/15/10 m. W porównaniu z innymi rozwiązaniami anten skróconych charakteryzują się one szerszym zakresem pracy (dla WFS < 2) – od 100 kHz w paśmie 160 m do 1 MHz w paśmie 10 m i dopuszczalnej mocy dla pracy ciągłej 300 W. Anteny powinny być zasilane symetrycznie, a więc albo przez symetryzator albo kabel z dławikiem w.cz. na końcu. Anteny „Isotron" nie wymagają zasadniczo ani uziemienia ani przeciwwag ale dobre uziemienie poprawia przeważnie uzyskiwane rezultaty. Zyski antenowe leżą w zakresie -15 – -10 dBd.
Dopuszczalne jest równoległe łączenie dwóch lub trzech anten i zasilanie ich poprzez wspólny kabel 50 – 70 Ω.

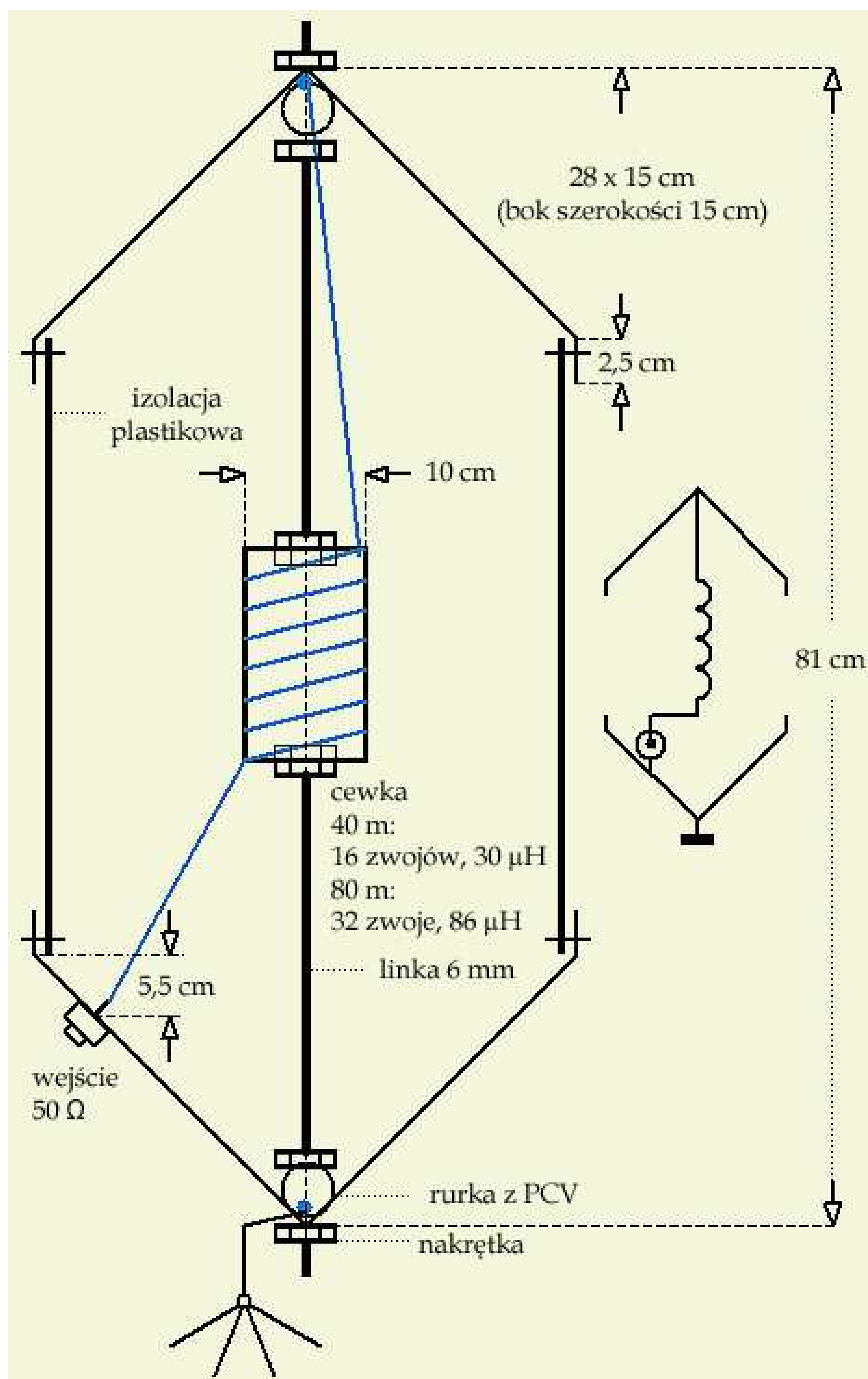
Tabela 2.9.1 Dane techniczne niektórych produkowanych fabrycznie anten typu „Isotron"

Pasmo	80 m	40 m	20 m
Wysokość [mm]	800	550	520
Szerokość [mm]	450	450	200
Głębokość [mm]	370	370	100
Szerokość pasma [kHz]	> 110	> 250	> 350
Maksymalna moc obciążenia [W]	> 1500	> 1500	> 1500
Maksymalna szybkość wiatru [km/h]	> 130	> 130	> 130
Charakterystyka promieniowania	dookólna	dookólna	dookólna
Masa [kg]	3	2	0,8



Fot. 2.9.2. Antena „Isotron" konstrukcji PA0UNT i PA1AMS

Cewka dla pasma 80 m jest nawinięta przewodem izolowanym 1,5 mm^2 od instalacji elektrycznych. Jego całkowita długość wynosi 10 m. Szerokość pasma anteny dla zakresu 80 m jest równa ±22 kHz. Elektrody górna i dolna są wykonane z płaskowników aluminiowych o grubości 1,5 mm lub – z miedzianych. Można je też wykonać z płyt laminatu jednostronnego zlutowanych ze sobą, zwłaszcza dla anten na wyższe pasma, czyli o mniejszych wymiarach.



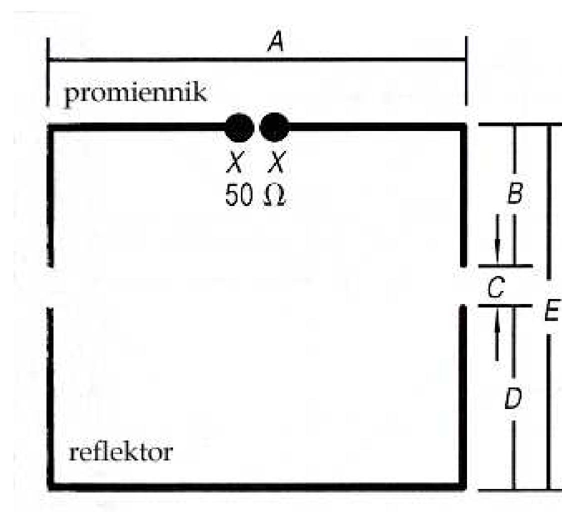
Rys. 2.9.3. Konstrukcja anteny „Isotron” na pasma 40 i 80 m

2.10. Anteny Moxona

Anteny Moxona (ich nazwa pochodzi od nazwiska konstruktora L. Moxona G4XL) są prostokątnymi konstrukcjami złożonymi najczęściej z załamanych na końcach promiennika i reflektora.
Zajmują one w przybliżeniu 2/3 miejsca wymaganego przez klasyczną kierunkową antenę 2-elementową, charakteryzują się bardzo dobrym stosunkiem tłumienia w kierunku tylnym (stosunek przód/tył dochodzi do 25 dB i przewyższa ten stosunek dla dwuelementowej anteny Yagi), praktycznie nie wymaga elementów dopasowujących do kabla 50 Ω. W zależności od wykonania i wysokości nad powierzchnią ziemi można spodziewać się zysku ok. 5,5 – 11 dBi. Szerokość wiązki promieniowanej dochodzi do 80 stopni. Impedancja wejściowa anteny zmienia się wraz z odległością E i dla 0,13 λ osiąga się oporność 50 Ω.

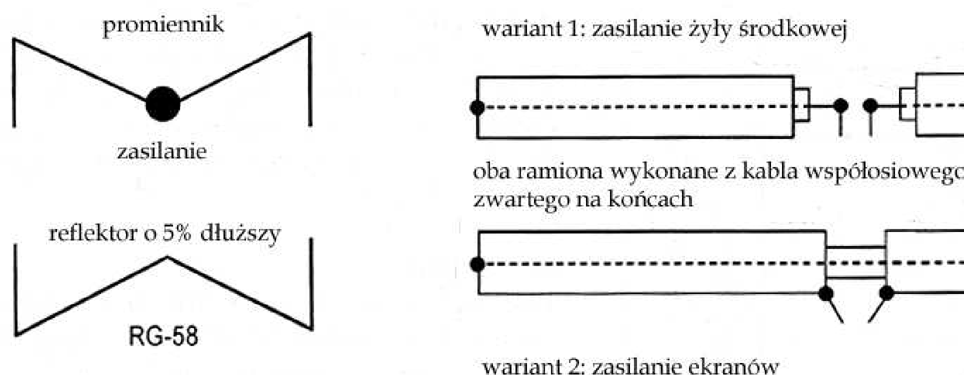
Tabela 2.10.1
Wymiary anteny Moxona dla pasm amatorskich wykonanej z przewodu o średnicy 1 mm dla KF i 3 mm dla pasma 2 m. Wartości dotyczą początków pasm. Druga część tabeli zawiera wymiary dla anteny wykonanej z rurki o średnicy 16 mm

Pasmo [m]	A [m]	B [m]	C [m]	D [m]	E [m]
30	10,85	1,68	0,24	2,00	3,92
20	7,82	1,20	0,18	1,44	2,83
17	6,06	0,93	0,14	1,12	2,20
15	5,21	0,80	0,13	0,97	1,89
12	4,39	0,67	0,11	0,82	1,60
10	3,90	0,59	0,10	0,73	1,42
6	2,18	0,33	0,06	0,41	0,80
2	0,75	0,10	0,03	0,14	0,23
6	2,170	0,285	0,110	0,405	0,800
10	3,850	0,530	0,160	0,730	1,420
12	4,350	0,595	0,170	0,840	1,605
15	5,140	0,735	0,165	1,000	1,900



Rys. 2.10.1. Szkic konstrukcyjny anteny Moxon

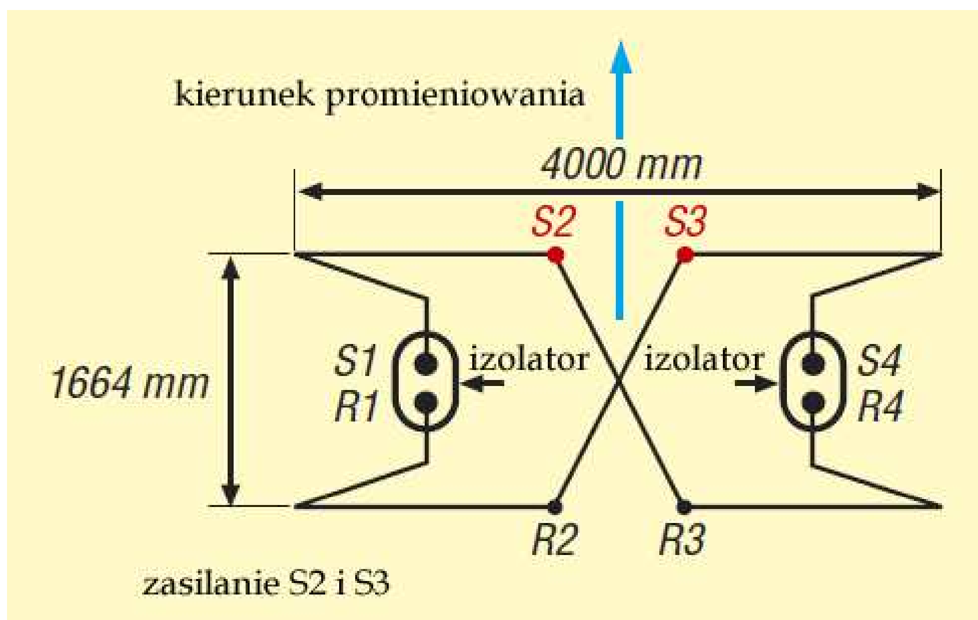
Pokrewną konstrukcję zaproponował N0KHQ z tą jedynie różnicą, że środki ramion są do siebie zbliżone przez co wyglądają one odpowiednio jak litery M i odwrócone M. Wykonując antenę z odcinków kabla koncentrycznego zwartego na końcach (RG-58 itp.) uzyskuje się zmniejszenie wymiarów w stosunku odpowiadającym współczynnikowi skrócenia – dla RG-58, RG-213 itp. w stosunku 0,66. Na rys. 2.10.2 przestawiono też dwa warianty zasilania anteny poprzez jej żyłę środkową lub ekran kabla.



Rys. 2.10.2. Antena N0KHQ

2.10.1 Antena dwuelementowa na pasmo 15 m

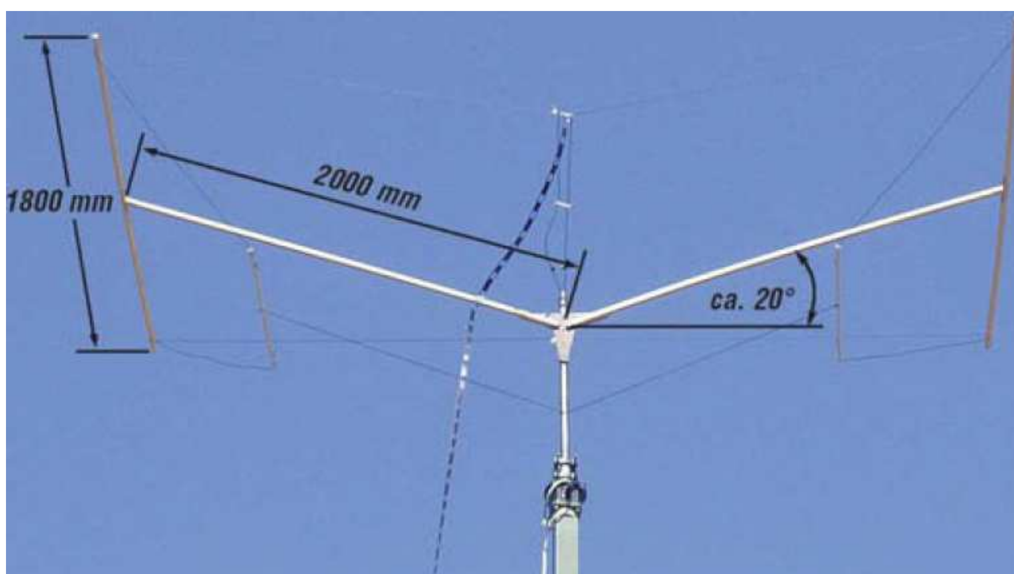
Konstrukcja opisanej w nr 10/2007 „Funkamateura” anteny stanowi zmodyfikowany wariant anteny Moxona. W odróżnieniu od oryginału zasilane są tutaj jednak zarówno promiennik jak i reflektor. Zasilanie obu elementów w przeciwnych fazach uzyskuje się dzięki skrzyżowaniu ich połączenia. Antenę tą można więc uznać za odmianę anteny HB9CV o załamanych końcach elementów. Konstrukcja anteny jest przedstawiona na rys. 2.10.3. Kabel zasilający jest podłączony do punktów S1 i S2, skąd prowadzi skrzyżowana linia zasilająca do punktów R2 i R3 na reflektorze. Końce promiennika i reflektora są połączone mechanicznie przez wspólne izolatory.
Wymiary zewnętrzne anteny wymoszą 4 x 1,8 m, a jej promień obrotu – 2,3 m. Stosunek promieniowania przód/tył jest równy w przybliżeniu 2 stopnie S (ok. 12 dB). Antena jest wykonana z linki antenowej – licy o przekroju 1,5 mm^2 i nie zawiera żadnych pułapek ani dodatkowych elementów.



Rys. 2.10.3. Wymiary i schemat anteny

Tabela 2.10.2. Wymiary anteny (dla pasm 20 i 10 m możliwe jest ich proporcjonalne przeliczenie; dla sąsiadujących pasm 17 i 12 m możliwa jest praca bez zmiany wymiarów)

Element, odcinek	Opis	Wymiar [mm]
R1 – R2	Reflektor	3225
R3 – R4	Reflektor	3225
S1 – S2	Promiennik	3125
S3 – S4	Promiennik	3125
R2 – S3	Linia zasilająca	1664
R3 – SS2	Linia zasilająca	1664
S1 – R1	Odstęp	434
S4 – R4	Odstęp	434
R2 – R3	Odstęp punktów zasilania reflektora	40 – 50
S2 – S3	Odstęp punktów zasilania promiennika	40 – 50



Fot. 2.10.4. Konstrukcja mechaniczna anteny

2.10.2. Wieloelementowe anteny Moxona

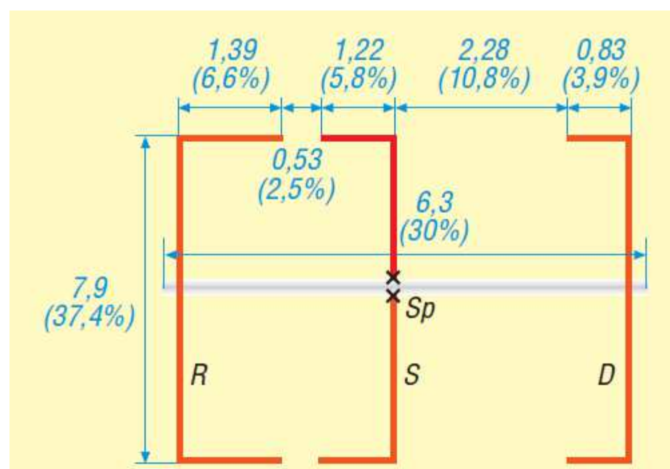
Konstrukcje anten typu Moxona nie muszą się ograniczać do dwóch elementów – promiennika i reflektora o załamanych (zagiętych) końcach. Dodanie do nich jednego lub kilku direktorów o tej samej konstrukcji daje wzrost zysku kierunkowego identycznie jak w przypadku klasycznych anten Yagi. Dzięki zagięciu końców elementów powierzchnia zajmowana przez antenę jest równa w przybliżeniu połowie powierzchni zajmowanej przez klasyczną antenę Yagi, a efektem dodatkowym jest zwiększenie szerokości pasma pracy. Impedancja wejściowa ma charakter w przeważającym stopniu rzeczywisty z niewielkimi składowymi urojonymi z całych pasmach pracy.
Anteny Moxona dla pasm powyżej 300 MHz można wykonywać na płytkach drukowanych. Wymiary i długości anten pochodzą z nru 7/2013 miesięcznika „Funkamateur”.

Tabela 2.10.3. Wymiary trzy-, cztero- i pięcioelementowych anten Moxona pasma amatorskie

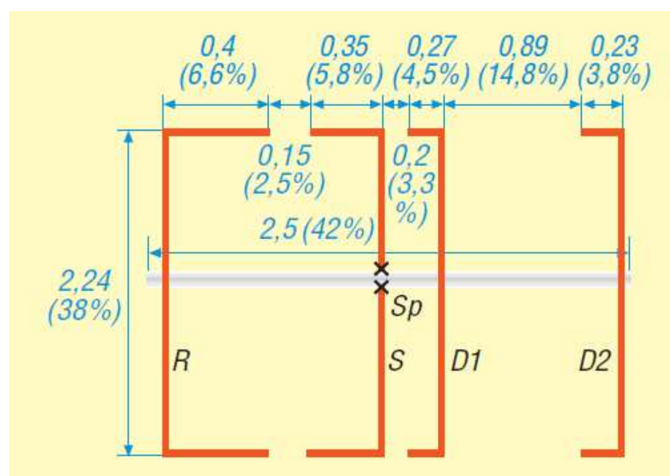
Parametr	Rodzaj anteny						
Liczba elementów	3	3	3	4	4	4	5
Pasmo [m]	20	15	6	6	6	20	2
Zysk [dBd]	4,8	4,8	5,9	6,8	7,6	5,7	7,1
Stosunek przód/tył [dB]	22,4	22,4	18,9	20	34	21,5	44
Długość [m]	6,3	4,2	2,25	2,5	2,25	8,8	1,09
Szerokość [m]	7,9	5,3	1,89	2,24	2,24	8	0,77
Maksymalny WFS	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Szerokość pasma [kHz]	500	750	1000	4000	1000	700	8500
Względna szer. pasma [%]	3,5	3,5	2	8	2	5	6
Impedancja wejściowa [Ω]	50	50	25	50	11,5	50	50
Średnica elementów d [mm]	3 (1*)	1 *	10	10	10	10	2

* wymiary elementów dla przewodu 1 mm są lekko zmodyfikowane

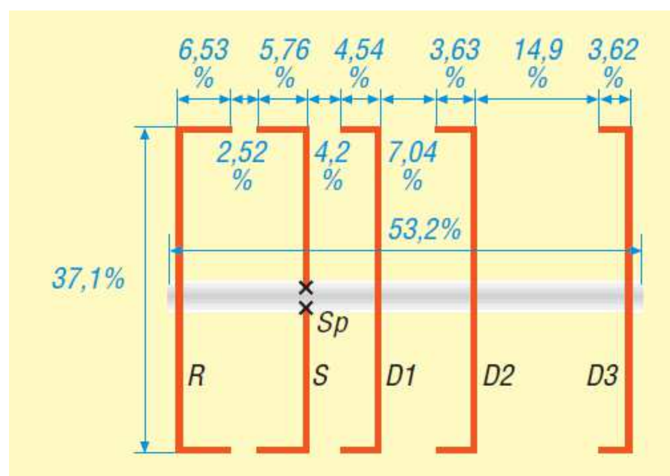
Szkice konstrukcyjne anten 3 elementowych przedstawia ilustracja 2.10.5, 4-elementowych – 2.10.6 i 5-elementowych – 2.10.7. Średnica elementów dla anteny z rys. 2.10.5 wynosi 0,014 % λ, a dla pozostałych – 0,1 % λ. Liniowe wymiary na ilustracjach podano dla środków pasm. Oznaczenia: R – reflektor, S – wibrator (promiennik), D, D1, D2, D3 – direktory, Sp – zaciski wejściowe.



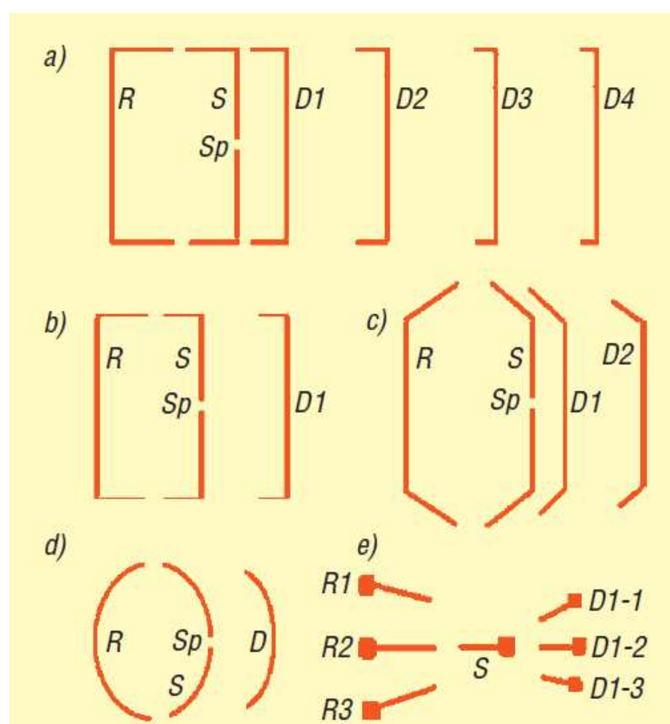
Rys. 2.10.5. Antena 3-elementowa. Wymiary absolutne dla częstotliwości 14,2 MHz



Rys. 2.10.6. Antena 4-elementowa. Wymiary absolutne dla pasma 6 m



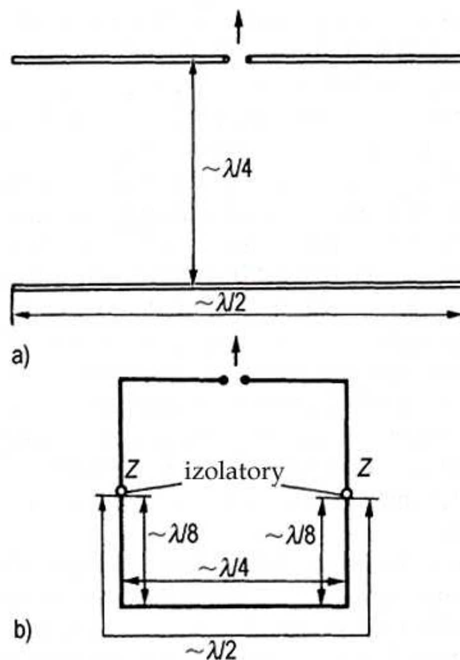
Rys. 2.10.7. Antena 5-elementowa



Rys. 2.10.8 Dalsze warianty anten Moxona
a) dodatkowe direktory
b) elementy o różnych średnicach
c) Elementy załamane pod innymi kątami
d) elementy zakrzywione
e) dodatkowe – piętrowe – reflektory i direktory (widok z boku).

2.11. Kwadratowa antena VK2ABQ

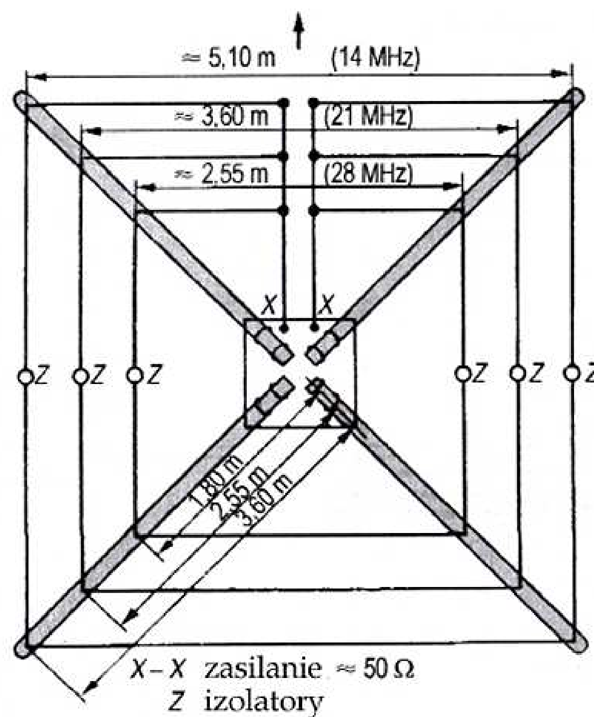
Inną spokrewnioną z antenami Moxona konstrukcją jest antena VK2ABQ mająca kształt kwadratu o boku równym w przybliżeniu λ/4. Element bierny anteny pełni w niej rolę reflektora. Impedancja wejściowa wynosi 50 – 60 Ω, a zysk kierunkowy w przybliżeniu 4 dBd.



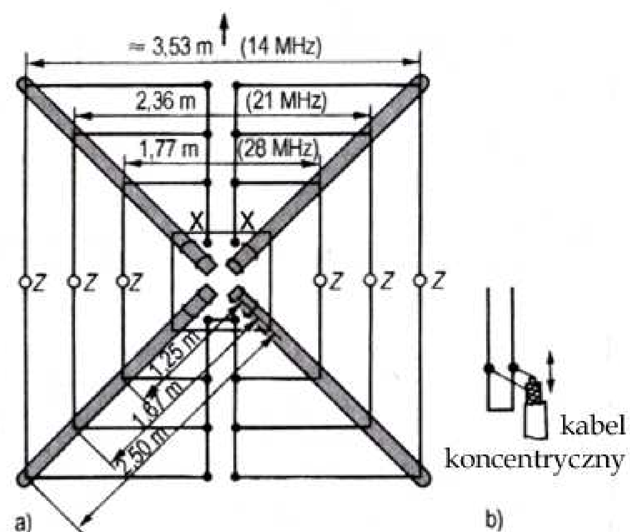
Przekształcenie anteny dwuelementowej w antenę VK2ABQ

Rys. 2.11.1

Kolejna ilustracja przedstawia konstrukcję trzypasmowej anteny na pasma 14, 21 i 28 MHz. Jej elementy są umocowane na nośniku w kształcie litery X. Można wykonać go z drewna lub włókna szklanego, a jego części są umocowane na drewnianej płycie środkowej. Średnica przewodu jest praktycznie dowolna. Antena może być zasilana kablem 50-, 75- lub nawet 300-omowym.
Dla pasma 14 MHz całkowita (sumaryczna) długość elementów powinna leżeć w granicach 9,30 – 10,40 m, dla pasma 21 MHz – w granicach 6,70 – 7,20 m, a dla pasma 28 MHz – w granicach 4,95 – 5,20 m. Antena wymaga zasilania przez symetryzator lub przynajmniej z wykorzystaniem dławika w.cz. tłumiącego prądy płynące po zewnętrznej stronie ekranu kabla (prądy asymetrii). Dobierając izolatory należy pamiętać, że na końcach elementów występują maksima napięcia – jak w każdej zresztą antenie dipolowej, a przy większych mocach nadawania napięcie w nich osiąga znaczne wartości.
W widocznej na rys. 2.11.3a zminiaturyzowanej trzypasmowej antenie VK2ABK brakujące (po skróceniu) długości elementów są uzupełniane przez przewody równoległe. Podobnie jak poprzednia również i ta antena może być bezpośrednio zasilana kablem 50-omowym z zachowaniem ogólnie znanych zasad. Lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie strojnika jak to ilustruje rys. 2.11.3b. Konstruktor podaje dla niej zysk ok. 3 dBd. Zestrojenia elementów na pasma 21 i 28 MHz dokonuje się przez przesuwanie ich punktów połączenia z przewodami równoległymi.



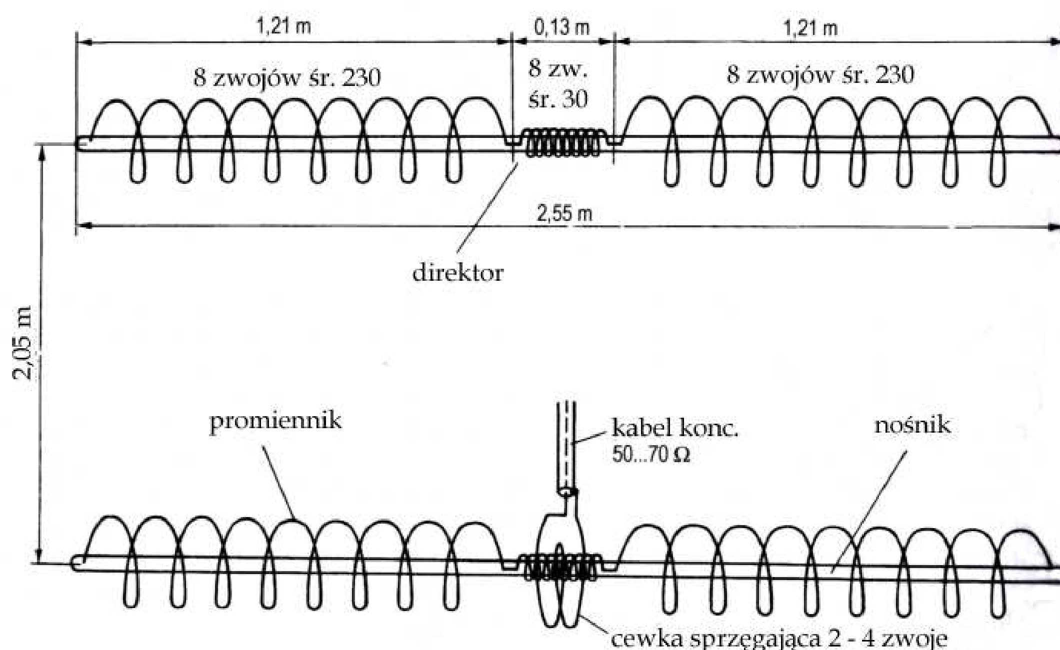
Rys. 2.11.2. Konstrukcja trzypasmowej anteny VK2ABQ



Rys. 2.11.3. Zminiaturyzowana wersja anteny trójpasmowej

2.12. Kierunkowa antena W8YIN wykonana z elementów nawiniętych spiralnie

Na ilustracji 2.12.1 przedstawiono przykład dwuelementowej anteny W8YIN na pasmo 20 m. Przewód o średnicy 4 – 6 mm – ze względu na ciężar najlepiej aluminiowy –jest tutaj nawinięty na nośniki z materiału izolacyjnego (tworzywa sztucznego itp.) o długościach po 2,55 m, a odstęp obu elementów wynosi λ/10 czyli dla pasma 20 m ok, 2,05 m. Element bierny anteny pracuje jako direktor. Przykładowo więc dla częstotliwości pracy 14,10 MHz musi on być dostrojony do 14,50 MHz. Linia zasilająca jest sprzężona z wibratorem (promiennikiem) indukcyjnie.



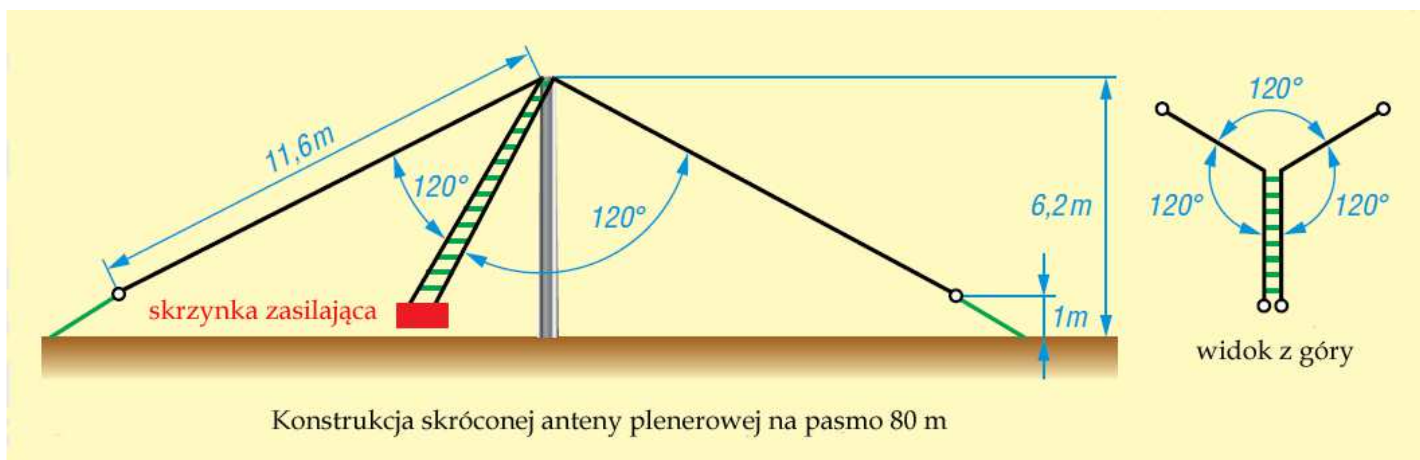
Rys. 2.12.1. Konstrukcja kierunkowej anteny W8YIN

2.13. Antena plenerowa na pasmo 80 m

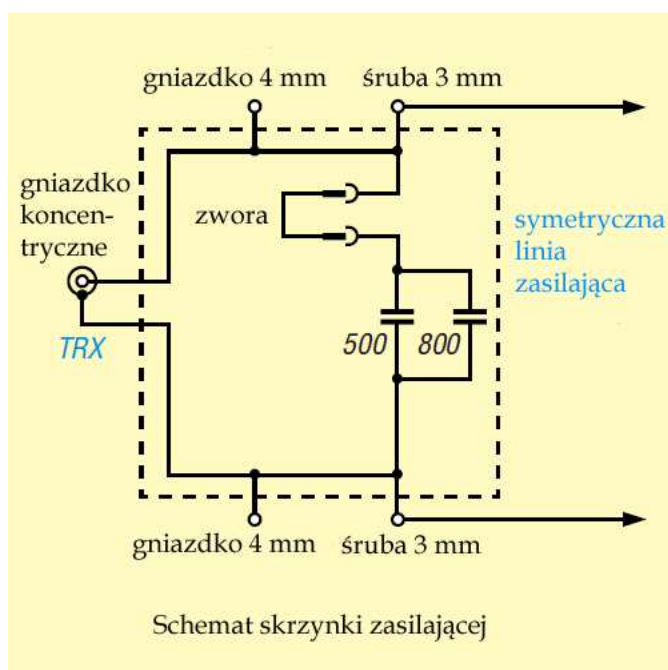
Antena składa się z trzech ramion zawieszonych ukośnie na umieszczonym centralnie maszcie. Dwa z nich stanowią połówki skróconego dipola anteny „odwrócone V”, a trzecie jest drabinkową linią zasilającą. W odróżnieniu od klasycznych rozwiązań anteny „odwrócone V” ramiona nie są zawieszone w linii prostej, a pod kątem 120°. W porównaniu z długością fali antena jest zawieszona nisko i dlatego znaczna część energii jest promieniowana pionowo lub prawie pionowo zapewniając dobre pokrycie terenu w promieniu kilkuset km. Antena ta może służyć także do komunikacji ratunkowej. Drabinkowa linia zasilająca pozwala na umieszczenie skrzynki zasilającej dogodnej wysokości. Opisana w numerze 7/2015 „Funkamateura” (FA) antena jest wykonana z miedzianej linki antenowej wzmocnionej w środku stalowym przewodem. Oczywiście dokładny sposób wykonania pozostawiamy czytelnikom do własnego wyboru.

Drabinkowa linia zasilająca jest wykonana z tego samego materiału co ramiona anteny. Jej rozpórki za wyjątkiem pierwszej (górnej) mają długości po 120 mm, rozpórka górna natomiast – 50 mm.

Skrzynka antenowa zawiera dodatkowo kondensator o pojemności około 1300 pF służący do kompensacji składowej indukcyjnej impedancji wejściowej anteny. Kondensator jest włączony równolegle do zacisków linii zasilającej. Jego wytrzymałość napięciowa dla mocy do 1 kW powinna wynosić co najmniej 500 V. Przy 100 W może być to dowolny kondensator mikowy (lub ich równoległe połączenie w celu uzyskania podanej pojemności).



Rys. 2.13.1



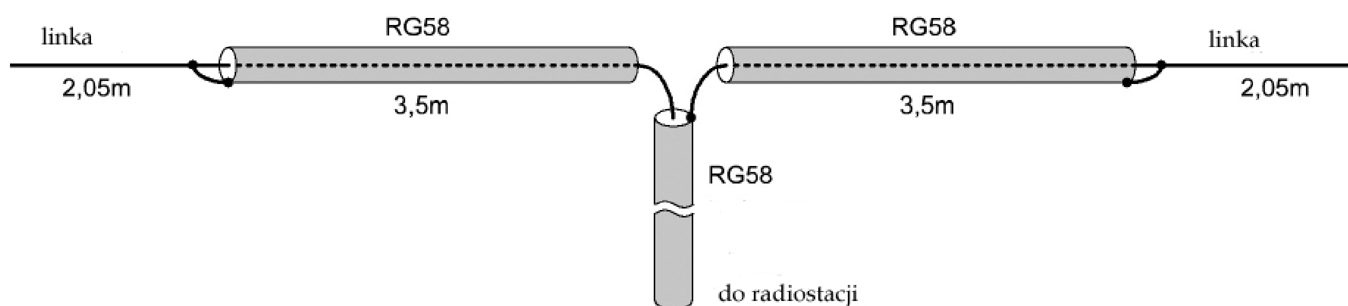
Rys. 2.13.2

Do gniazdek telefonicznych 4 mm można po usunięciu zwory podłączyć symetryczną skrzynkę antenową.


Fot. 2.13.3. Widok skrzynki zasilającej

2.14. Skrócona antena na pasmo 30 m wykonana z kabla koncentrycznego

Każde z ramion anteny przedstawionej w numerze 3/2009 „QRP Reportu" składa się z odcinka kabla koncentrycznego RG-58 i z odcinka linki. W sumie do jej skonstruowania niezbędny jest odcinek kabla RG-58 o długości 7 m i odcinek dowolnej linki o długości 4,5 m. Jak każda antena dipolowa także i ta może być wprawdzie zasilana bezpośrednio ale znacznie lepiej jest zasilać ją przez symetryzator o przekładni 1:1.
Antena dobrze nadaje się zarówno do użytku stacjonarnego jak i w terenie.
Podobną konstrukcję składającą się z odcików kabla koncentrycznego i końcówek z linki lub prętów mają anteny „Bazooka", są to jednak anteny pełnowymiarowe lub skrócone tylko w niewielkim stopniu.



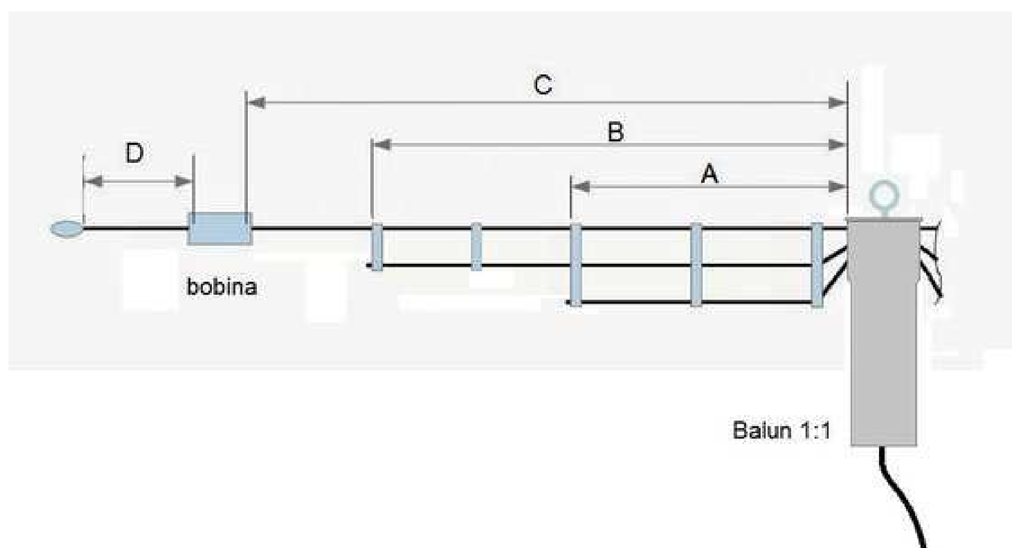
Rys. 2.14.1. Skrócona antena z odcinkami kabla koncentrycznego

2.15. Wielopasmowa antena skrócona

Antena złożona z trzech elementów promieniujących pokrywa pasma 6, 10, 20 i 40 m. Na najdłuższym z nich w bliskiej odległości od końca znajdują się cewki-pułapki. W paśmie 20 m ich wysoka impedancja odcina elektrycznie końcówki promiennika, natomiast w paśmie 40 przedłużają go.
Powietrzna cewka składa się z 35 zwojów przewodu o przekroju 1,5 mm^2 nawiniętego na korpusie o średnicy 40 mm. Antena jest zasilana przez symetryzator.

Tabela 2.15.1. Wymiary anteny

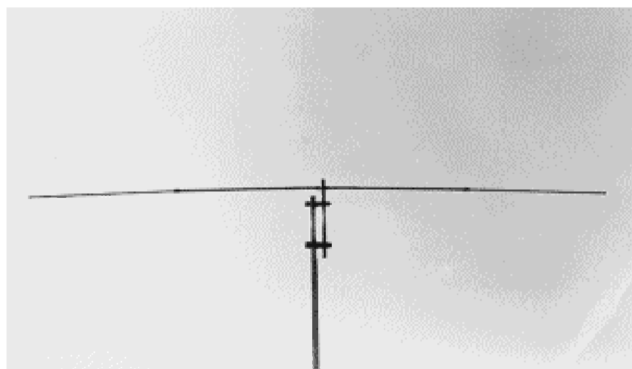
Zakres [m]	Element	Długość [m]
6	A	1,5
10	B	2,8
20	C	5
40	D	1,5



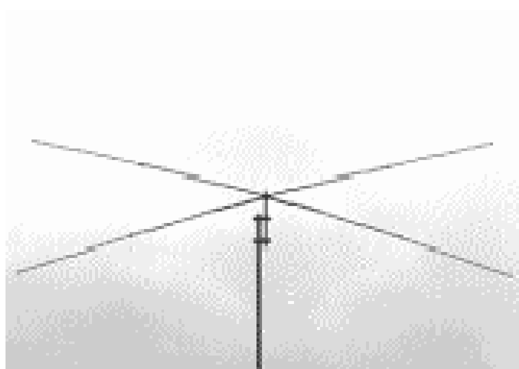
Rys. 2.14.1. Wymiary i konstrukcja anteny

2.16. Fabryczne anteny skrócone

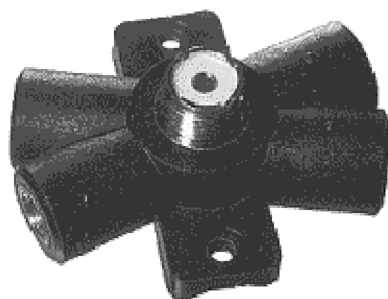
Dobrym rozwiązaniem anten skróconych przeznaczonych do pracy zarówno w stałym QTH jak i w plenerze są anteny „Mini-Dipol”z serii R1. Seria obejmuje jednopasmowe dipole dla pasm od 160 do 6 m. Mają one długości 3,4 m a na czas transportu rozkładane sa na elementy o długości maksymalnej 1,2 m. Dostępne są dwa rodzaje montowanych na maszcie lub statywie uchwytów – dla pojedyńczego dipola lub dla dwóch skrzyżowanych. Maksymalna dopuszczalna moc nadawania wynosi 500 W PEP.



Fot. 2.16.1 Widok anteny pojedyńczej



Fot. 2.16.2. Widok anteny dwupasmowej

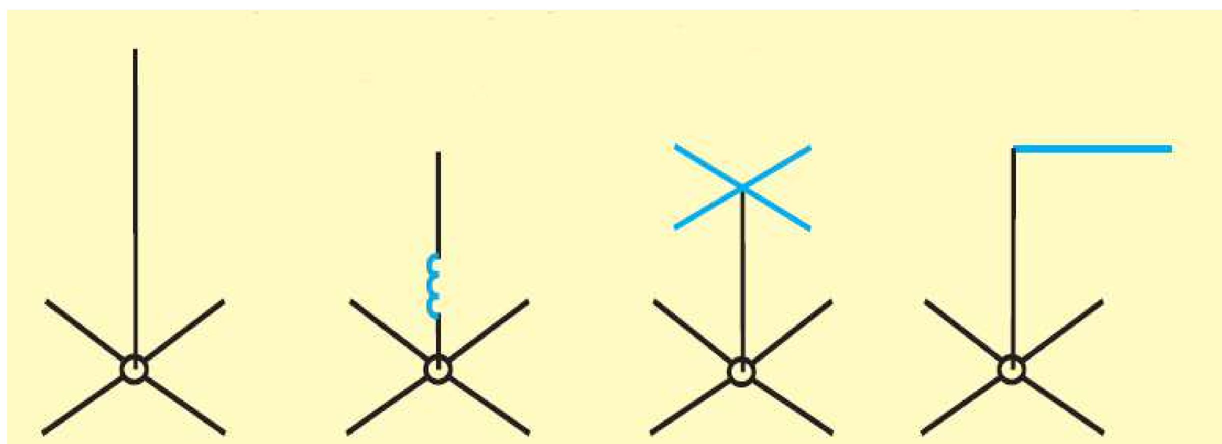


Fot. 2.16.3. Środkowy uchwyt dla dwóch dipoli

Antena „I-Pro Traveller” jest natomiast skróconym dipolem z obciążeniem pojemnościowym na jego końcach. W wersji podstawowej pokrywa ona pasma 20 – 10 m, a z dodatkową cewką także 40 m. Jest ona przeznaczona w pierwszym rzędzie do pracy terenowej, chociaż dopuszczalna moc 1500 W sugeruje także zastosowania stacjonarne.

3. Anteny pionowe

Anteny pionowe dają się łatwo ukryć ale ich skuteczność zależy od właściwości gruntu albo jakości zainstalowanych przeciwwag. Dobrym sposobem ich ukrycia jest umieszczenie wewnątrz plastikowego masztu przeznaczonego „oficjalnie” dla flagi albo też umieszczenie wewnątrz rynien pod warunkiem, że są to rynny plastikowe. Oczywiście przewód powinien być podparty wspornikami dowolnego rodzaju, a nie leżeć w rynnie, co narażałoby go na zamoknięcie.
Przeciwwagi i kabel zasilający można płytko zakopać w ziemi lub ukryć w trawie albo pod nią. Przeciwwagi powinny mieć długość co najmniej λ/4 najniższego zakresu, a jeszcze lepiej aby ją przekraczały.
Oprócz anten prostych w użyciu są też konstrukcje anten zagiętych – przykładem może być antena typu odwrócone L. Skrócenie części pionowej można uzyskać także za pomocą cewki przedłużającej u podstawy anteny lub za pomocą obciążenia pojemnościowego na jej szczycie (przypadkiem szczególnym pionowych anten obciążonych pojemnościowo są anteny typu T).
Cewki są elementami stosunkowo najbardziej stratnymi i mimo stawiania wysokich wymagań odnośnie ich dobroci użycie obciążenia pojemnościowego lub anten „Odwrócone L” jest zawsze korzystniejsze o ile nie ma ku temu innych przeszkód.

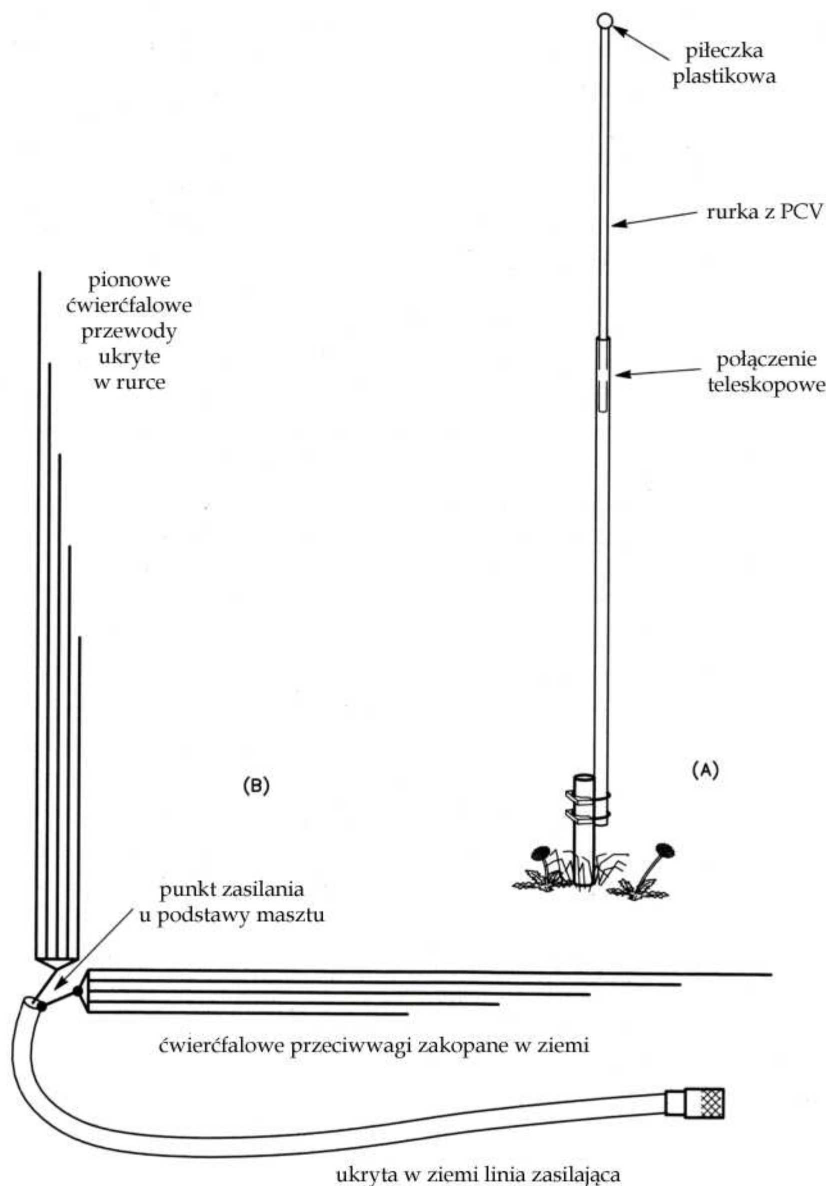


Rys. 3.0.1. Sposoby elektrycznego przedłużania anten pionowych. W dalszej części skryptu przedstawione są również anteny typu T

3.1. Antena pionowa ukryta wewnątrz plastikowego masztu

Maszt składa się z dwóch rurek plastikowych połączonych ze sobą teleskopowo. Wewnątrz niego umieszczonych jest jeden lub więcej promienników ćwierćfalowych na wybrane pasma krótkofalowe – w tym przykładzie na pasma 20, 17, 15, 12 i 10 m. Przeciwwagi dla każdego z pasm są ukryte w trawniku, a połączenia w wodoszczelnym pudełku u podnóża masztu. Przeciwwagi dla poszczególnych pasm można ułożyć w tym samym kierunku lub każdą z nich w innym. Dla każdego z pasm można też ułożyć po kilka przeciwwag w różnych kierunkach albo też kilka jednakowych przeciwwag o długości przekraczającej 0,25 λ dla najniższego zakresu.
Przykład konstrukcji przedstawia rys. 3.1.1. Maszt można pomalować dowolną nieprzewodzącą farbą aby wyglądał lepiej i mniej „antenowo”. Dla uszczelnienia go u góry na szczycie naklejona jest piłeczka plastikowa.
Jeżeli kabel zasilający jest ukryty w ziemi powinien on być odporny na wilgoć lub przed nią zabezpieczony np. przez umieszczenie go wewnątrz węża wodnego.
Dostrojenie anteny wielopasmowej na minimum WFS może być czaso- i pracochłonne. U podnóża masztu można umieścić automatyczną skrzynkę antenową w hermetycznej obudowie.
Antena na pasma niższe niż 20 m wymaga wyższej i solidniejszej konstrukcji masztu, ale maszt taki może też niepotrzebnie zwracać na siebie uwagę sąsiadów.

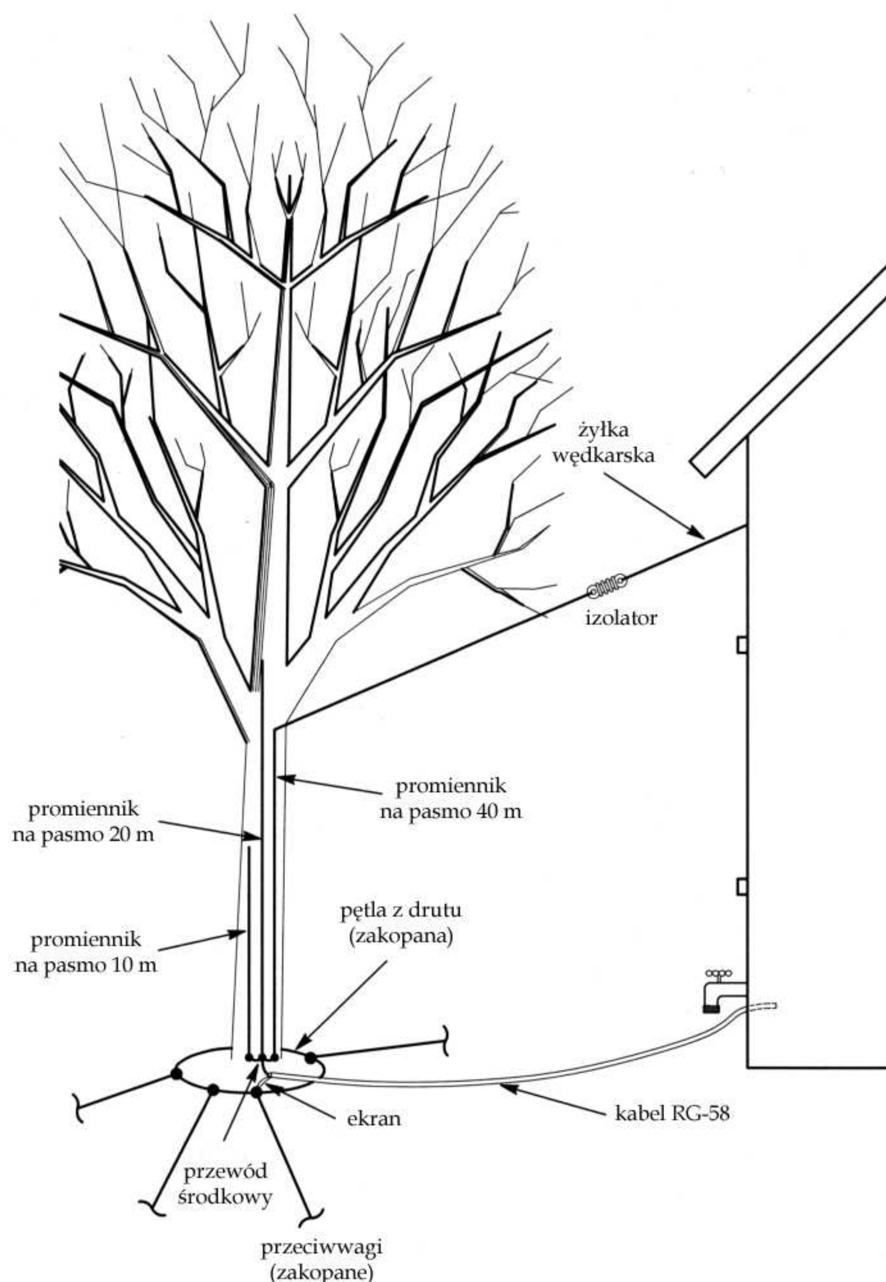
Jako promiennika można też użyć metalowego masztu do flagi pod warunkiem izolowania go u dołu od ziemi. Powstaje w ten sposób klasyczna antena pionowa wymagająca oczywiście ułożenia pod ziemią lub na jej powierzchni kilku przeciwwag.



Rys. 3.1.1. Antena pionowa ukryta w plastikowym maszcie

3.2. Anteny pionowe ukryte w domu i na drzewach

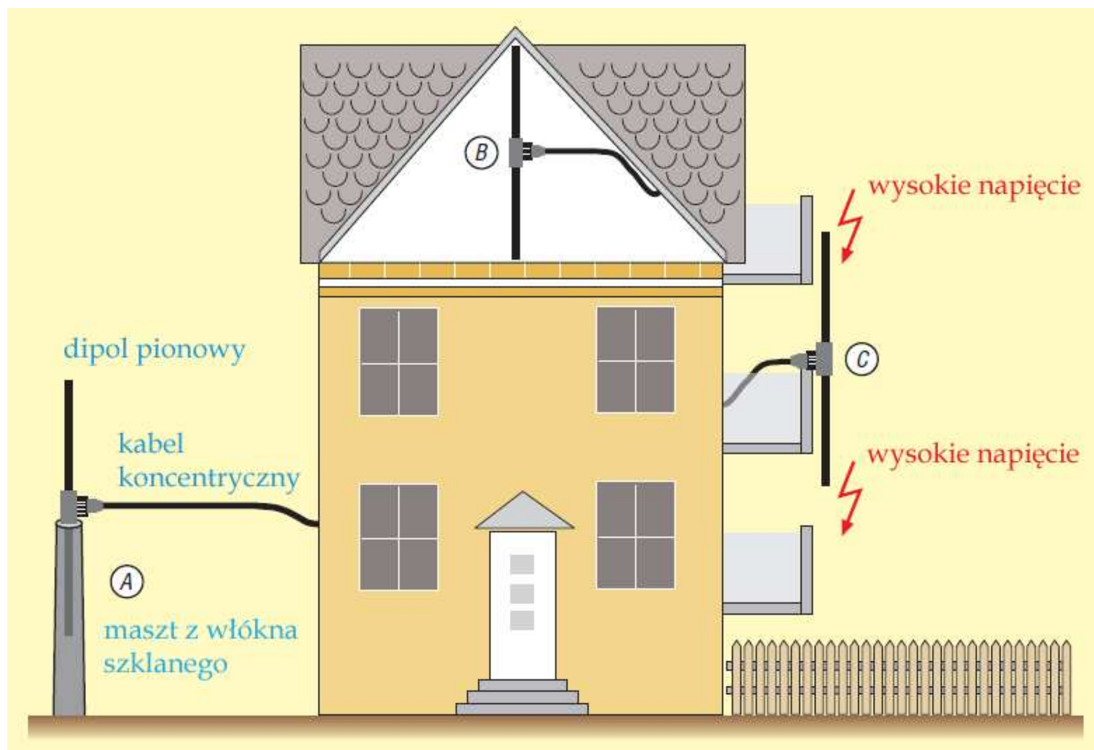
Sposób instalacji anteny wielopasmowej ukrytej w drzewie przedstawia rys. 3.2.1. Dla pokrycia pasm od 20 m wzwyż, jak w przykładzie poprzednim, drzewo powinno mieć wysokość przekraczającą 5 m. Drzewa wyższe pozwalają na ukrycie dzięki nim anten na niższe pasma: 30, 40 i nawet 80 m. Wprawdzie drzewo pochłania część energii w.cz. ale za to unika się konieczności budowy masztu z poprzedniego przykładu. Na rysunku promiennik na pasmo 20 m wychodzi wprawdzie poza obręb korony drzewa ale w przypadku wykonania go z cienkiego przewodu nie powinien on rzucać się w oczy. Skrzynkę dopasowującą można zasłonić kamieniami, ozdobnymi elementami ogrodowymi, cegłami lub umieścić wewnątrz leżącego na ziemi pustaka.



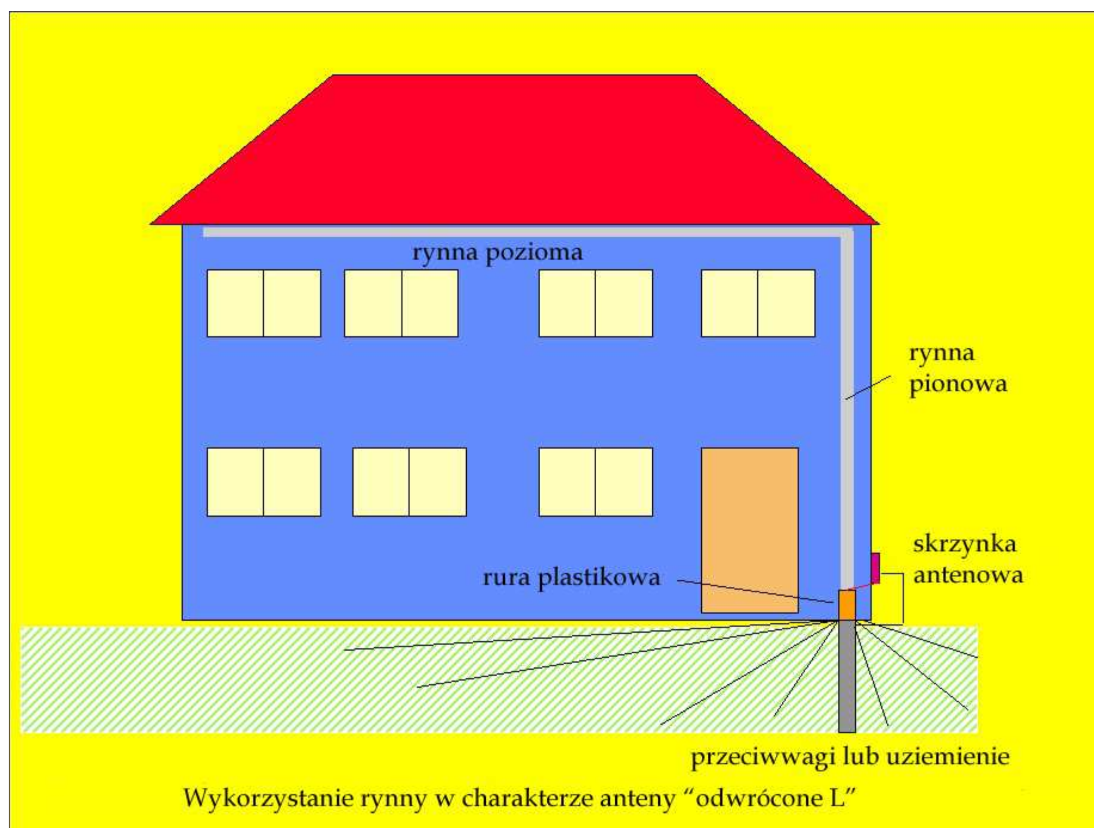
Rys. 3.2.1. Wielopasmowa antena ukryta na drzewie

W odróżnieniu od pionowych dipoli ćwierćfalowych w rodzaju „Ground Plane" anteny półfalowe nie wymagają ani uziemienia ani przeciwwag co, zwłaszcza w przypadku krótkich (skróconych) anten na wyższe pasma KF lub anten UKF może ułatwić ich zamontowanie w sposób nie rzucający się w oczy (rys. 3.2.2). Do tego celu dobrze nadają się opisane dalej anteny z serii R1 („Mini-Dipole") lub różne modele anten samochodowych. W wariancie A na rys. 3.2.2 kabel zasilający powinien być w miarę możliwości poprowadzony poziomo (prostopadle do anteny).
Metalowa rynna z rys. .3.2.3 jest odizolowana od ziemi za pomocą kawałka rury plastikowej. Zasadniczo odcinek ten powinien mić taką dlugość (wysokość) aby uniemożliwić przypadkowe dotknięcie metalowej części przez osoby postronne – 2,5 m lub zbliżoną. Można też na dolną część rynny nałożyć tylko plastikową rurę jako izolację. Zależnie od rozmieszczenia rynien otrzymuje się w ten sposób konstrukcje anten typu „odwrócone L", T lub zbliżonych. Antena znajduje się w rezonansie gdy sumaryczna długość odcinków pionowego i poziomego jest równa 0,25 λ lub jej wielokrotności. W każdym innym przypadku konieczne jest jej dopasowanie za pomocą skrzynki antenowej – najwygodniej aby

była to skrzynka automatyczna. Zasadniczo czym dłuższa rynna tym łatwiej daje się dopasować na wielu pasmach. W jednym z opracowań zalecano nawet 12 m jako minimalną długość.



Rys. 3.2.2. Sposoby nie rzucającego się w oczy montażu pionowych dipoli symetrycznych (źródło: FA 8/2012) na maszcie (A), w jego wnętrzu, na strychu (B) czy balkonie (C)



Rys. 3.2.3. Wykorzystanie rynien jako anteny

W sytuacjach gdy niemożliwe jest ułożenie i co najważniejsze dobre ukrycie przeciwwag można skorzystać z uziemienia instalacji odgromowej domu albo wbić do ziemi samemu pręty uziemiające w dogodnym nie rzucającym się w oczy miejscu.
W przypadku rynien starszych i pokrytych nalotem (śniedzią) konieczne może okazać się (elektryczne) połączenie segmentów rynien za pomocą blachowkrętów.
W rynnach plastikowych można natomiast umieścić kabel koncentryczny służacy jako antena. Żyła środkowa i ekran kabla są zwarte i podłączone do obwodu dopasowującego. Uziemienie lub przeciwagi są zrealizowane tak jak dla rynny metalowej. Rozwiązanie to ma dodatkowy plus – na rynnie nie występują wysokie napięcia w.cz.

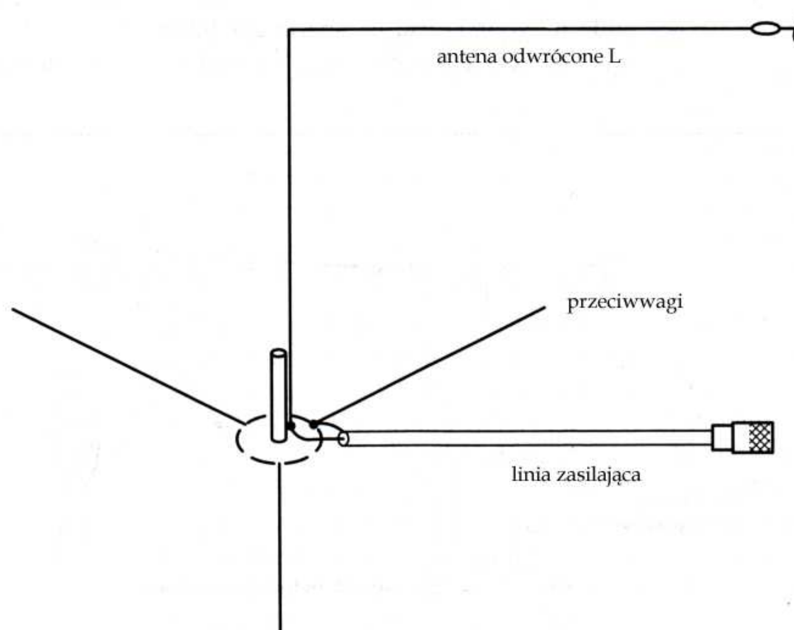


W numerze „UKW-Antennen" z serii „CQDL Spezial" przedstawiony jest z kolei sposób wykorzystania rynny jako anteny pionowej dopasowanej za pomocą transformatora gamma. Jako element transformatora służy widoczna po prawej stronie zdjęcia 3.2.4 rura miedziana, do której podłączona jest żyła środkowa. Ekran kabla jest podłączony do rynny, a do zwarcia obu elementów służy przesuwana podwójna obejma metalowa. Autor opracowania osiągnął dla widocznej na zdjęciu konstrukcji wystarczająco dobre dopasowanie dla pasm 11, 10 i 2 m. Jest to oczywiście zależne od rozmiarów rynny.

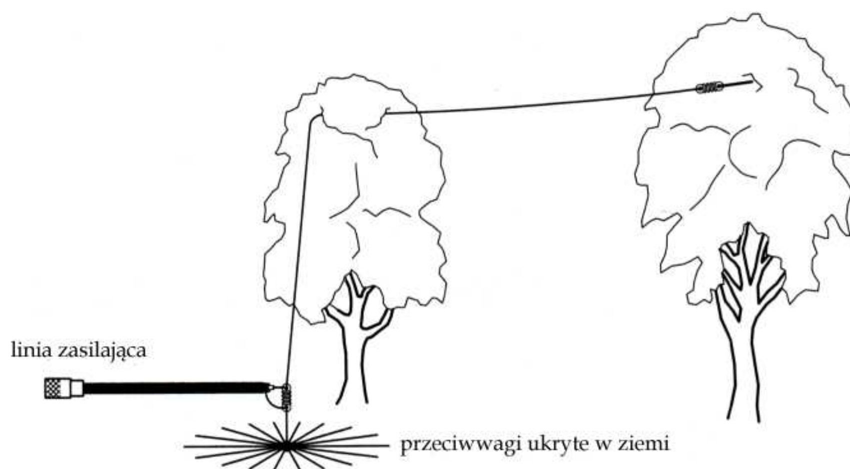
Fot. 3.2.3. Pionowa rynna dostrojona za pomocą transformatora gamma

3.3. Anteny typu odwrócone L

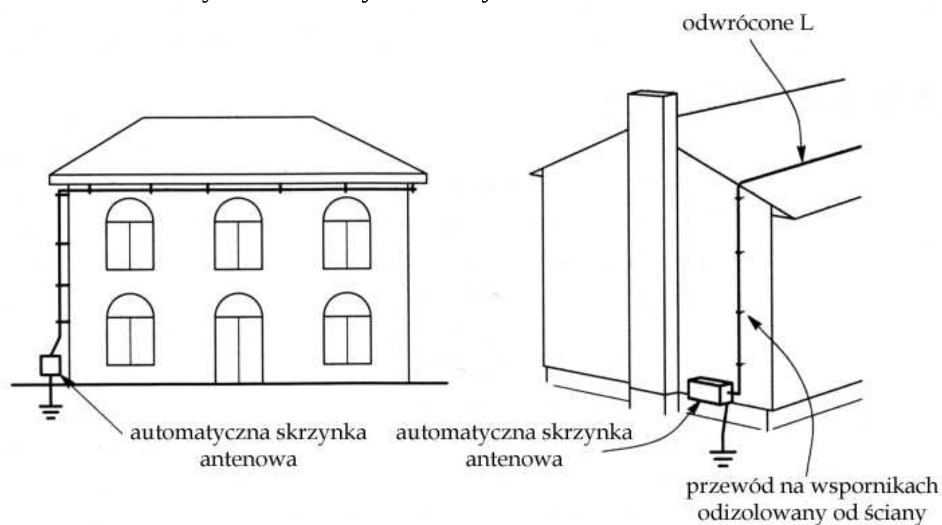
Anteny typu odwrócone L są w rzeczywistości załamanymi antenami pionowymi ale dzięki temu łatwiej jest zainstalować również nie rzucajace się w oczy anteny i na niższe pasma krótkofalowe, zwłaszcza w przypadku użycia do ich konstrukcji cienkiego przewodu. Ilustracje 3.3.1 – 3.3.3 przedstawiają sposób ukrycia anteny w drzewach, pod okapem dachu lub na nim. Dach w takich przypadkach nie może oczywiście być metalowy lub pokryty blachą.
Impedancje wejściowe takich anten przy wysokościach zawieszenia do 10 – 12 m dochodzą najwyżej do 20 – 25 Ω, a więc konieczne jest zastosowanie obwodów dopasowujących.
Anteny „odwrócone L" wymagają stosowania przeciwwag.



Rys. 3.3.1. Antena typu „Odwrócone L”



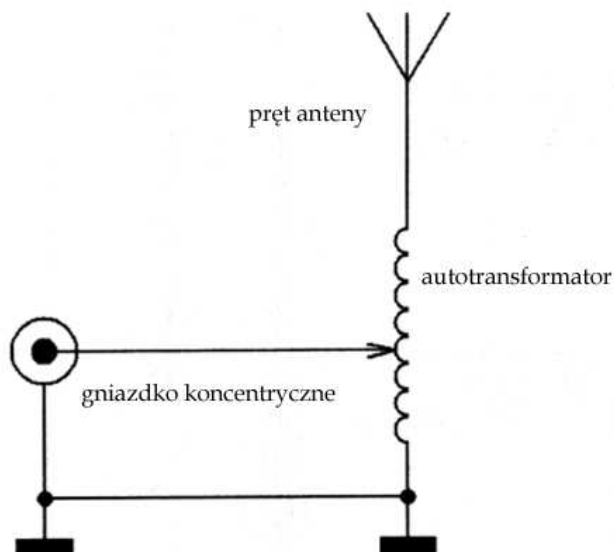
Rys. 3.3.2. Ukrycie anteny w drzewach



Rys. 3.3.3. Antena ukryta pod okapem lub na dachu. Linia zasilająca jest umieszczona na wspornikach izolujących ją od ściany po najmniej rzucającej się w oczy osobom postronnym stronie budynków

3.4. Magiczna pałeczka QRP

Antena „Miracle Whip” czyli „Magiczna pałeczka” konstrukcji VA2ERY składa się z promiennika o długości ok. 1 m (ewentualnie teleskopowego) zasilanego przez cewkę z przesuwanym odczepem (a raczej kontaktem) tworząca autotransformator o płynnie zmiennej przekładni. Zasadę jej pracy ilustruje rys. 3.4.1. Cewka jest nawinięta na rdzeniu pierścieniowym F82-61 i składa się z 60 zwojów. W wykonaniu fabrycznym od każdego zwoju doprowadzone jest połączenie do kontaktu na płytce drukowanej, po której ślizga się sprzężynowy kontakt przełącznika. Anteny są produkowane na pasma od 80 do 2 m dla mocy nadawania do 10 – 15 W. Na zakresie fal krótkich pożądane jest użycie przeciwwagi.
W wykonaniu amatorskim można wybrać jakiś inny sposób konstrukcji przełącznika. Należy jedynie zwrócić uwagę aby ślizgacz nie zwierał sąsiadujących zwojów co powodowałoby znaczny wzrost strat i spadek sprawności anteny.



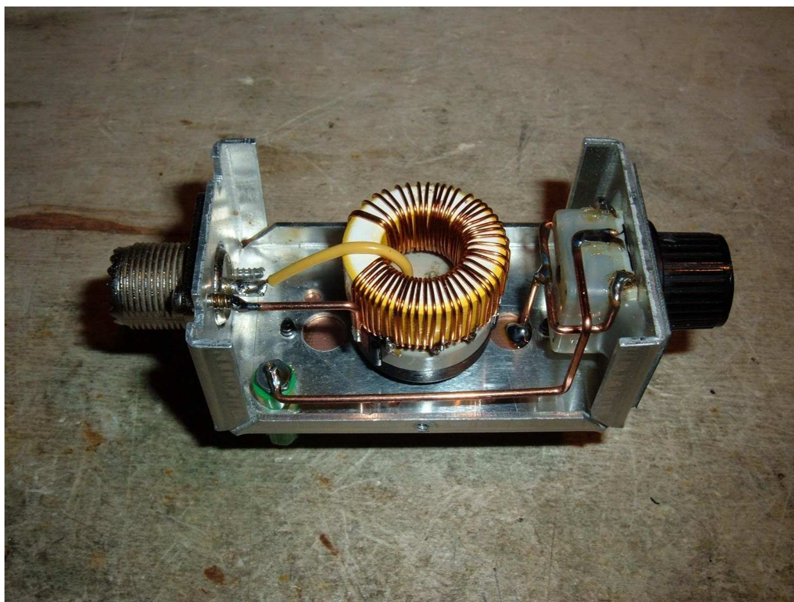
Rys. 3.4.1. „Magiczna pałeczka” QRP





Fot. 3.4.2. Przykład fabrycznej konstrukcji anteny Fot. 3.4.3. Konstrukcja amatorska

W przedstawionej na fotografii 3.4.3 konstrukcji amatorskiej ślizgacz porusza się bezpośrednio po uzwojeniu cewki. Przełącznik na fotografii następnej ma mniejszą liczbę pozycji i dlatego przełącza po kilka zwojów autotransformatora. Maksymalna indukcyjność wynosi 140 µH, a minimalna – 4 µH. Cewka jest nawinięta przewodem emaliowanym 0,6 mm.
W konstrukcjach amatorskich stosowane są m.in. części mechaniczne (ślizgacze) od używanych dawniej potencjometrów drutowych. W antenach czysto odbiorczych wykorzystywane są nawet bezpośrednio takie potencjometry.

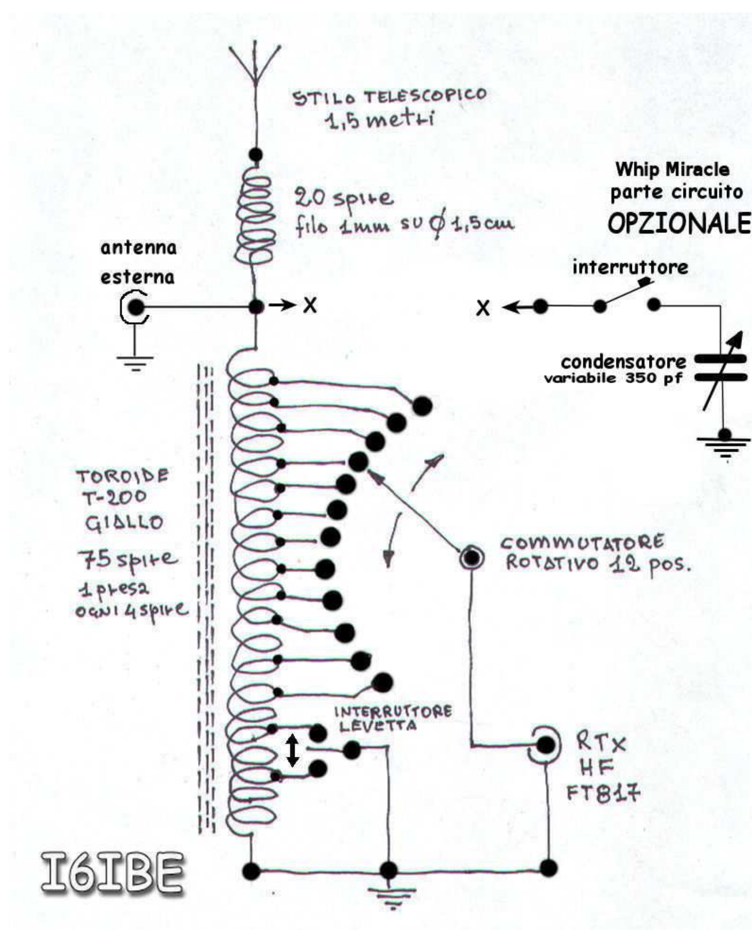


Fot. 3.4.4. Konstrukcja amatorska z przełącznikiem o mniejszej liczbie pozycji



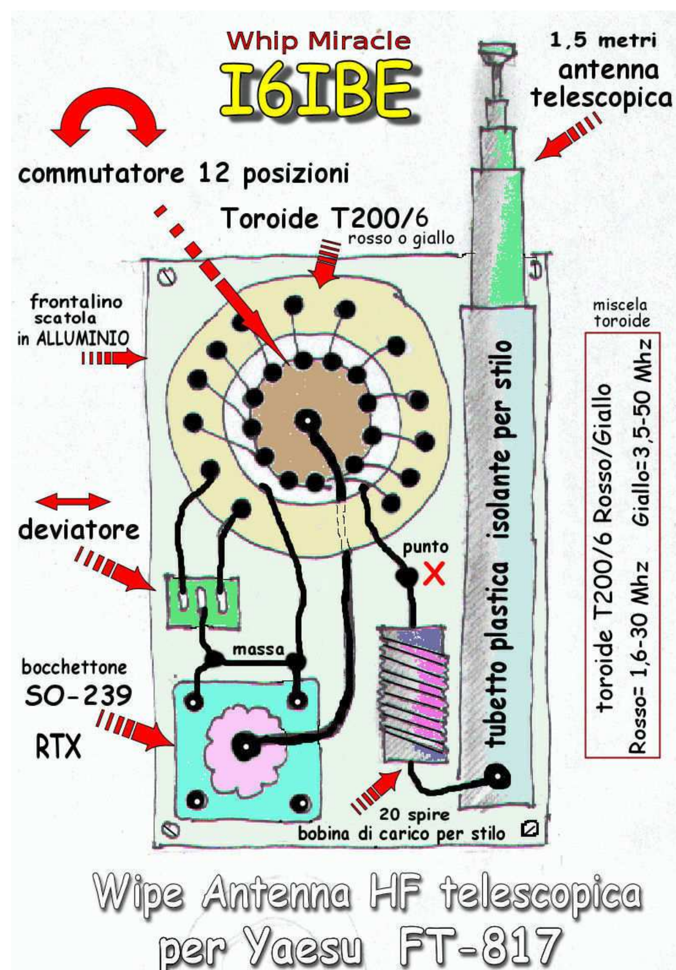


Fot. 3.4.5 a i b. Szczegóły wykonania cewki i połączenia z przełącznikiem. Cewka jest nawinięta na ferrytowym rdzeniu pierścieniowym FT114-61

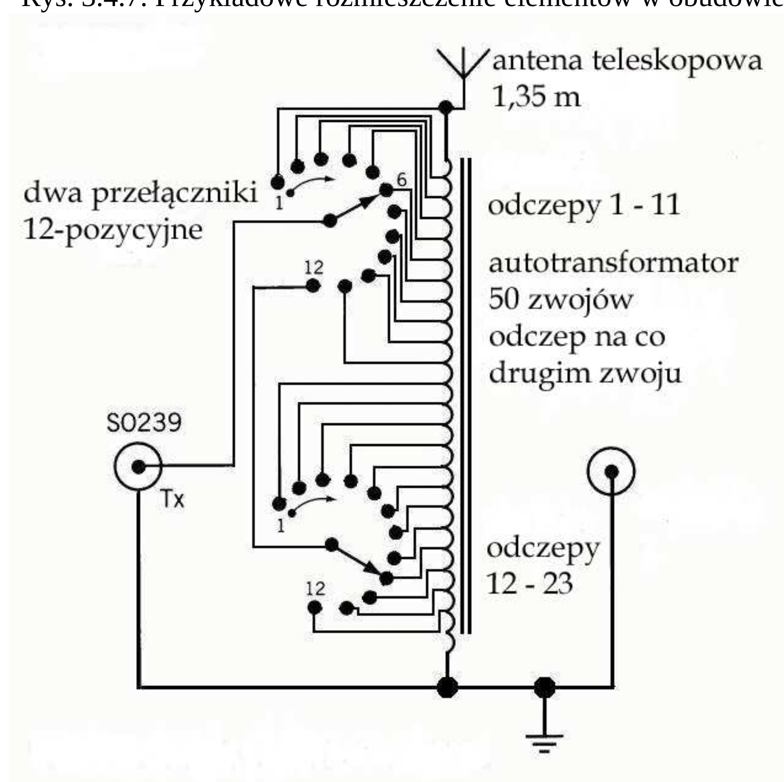


Rys. 3.4.6. Schemat anteny konstrukcji I6IBE

Zamiast trudniejszego do zdobycia przełącznika o dużej liczbie pozycji można zastosować dwa połączone tak aby w ostatniej pozycji pierwszego z nich był podłączony drugi identyczny co podwaja liczbę możliwych pozycji (rys. 3.4.8) lub inną kombinację przełączników jak w konstrukcji I6IBE przeznaczonej dla FT-817. Cewka autotransformatora składa się z 75 zwojów – z odczepami co 4 zwoje – nawiniętych na rdzeniu pierścieniowym T200-6 (żółtym). Jak wynika z rysunku 3.4.7. może być użyty także rdzeń T200-2 (czerwony). Odczepy rozmieszczone są co 4 zwoje, a przełącznik ma 12 pozycji.
W dolnej części cewki autotransformatora znajduje się przełącznik zwierający w razie potrzeby jej mniejszą lub większą część do masy. Elementem dodatkowym nie zawsze koniecznym – odłączanym za pomocą wyłącznika – jest kondensator zmienny o pojemności 350 pF. Konstruktor zastosował w niej antenę teleskopową o długości 1,5 m przedłużoną za pomocą cewki złożonej z 20 zwojów przewodu o średnicy 1 mm w emalii. Cewka ta jest nawinięta na korpusie o średnicy 15 mm.
Na schemacie z rys. 3.4.7 konstruktor proponuje użycie rdzenia czerwonego dla zakresu 1,56–30 MHz, żółtego – dla zakresu 3,5 – 50 MHz.



Rys. 3.4.7. Przykładowe rozmieszczenie elementów w obudowie



Rys. 3.4.8. Schemat anteny z dwoma przełącznikami

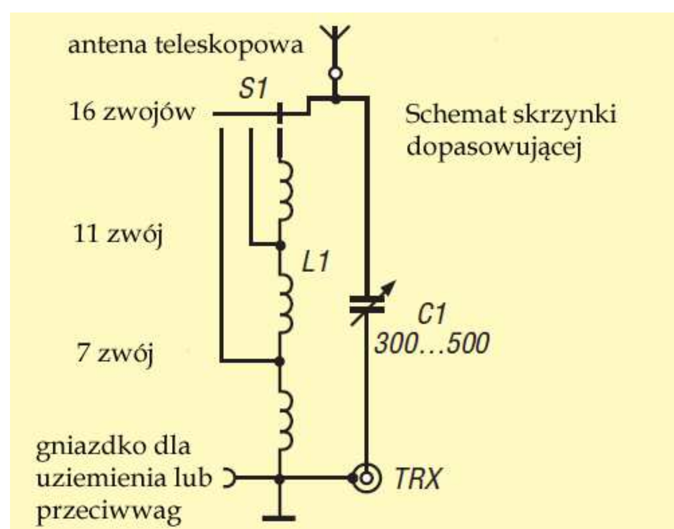




Fot. 3.4.9.Antena podłączona do FT-817

Fot. 3.4.10. Różne warianty wykonania

Podobnym amatorskim rozwiązaniem jest antena opisana w numerze 6/2012 miesięcznika „Funk-amateur". Cewka obwodu ma tylko dwa odczepy, za to równolegle do niej włączony jest kondensator zmienny o pojemności maksymalnej 300 – 500 pF (dla zakresu 40 – 10 m). Cewka nawinięta jest powietrznie na rurce plastikowej o średnicy około 3 cm izolowanym przewodem od instalacji elektrycznych, o przekroju 1,5 mm^2. Całkowita długość potrzebnego przewodu wynosi 1,5 m.
Na pracę anteny i uzyskiwane wynik korzystnie wpływa użycie dławika tłumiącego prądy asymetrii oraz zastosowanie przeciwwag. Promiennik teleskopowy ma długość 3 m i jest połączony śrubowo ze skrzynką zasilającą. Promiennik można także wykonać z rurek aluminiowych albo w dowolny inny sposób i również zastosować dowolne inne rozwiązanie połączenia go ze skrzynką. Opisana konstrukcja nadaje się do pracy z mocami nie przekraczającymi 25 W.



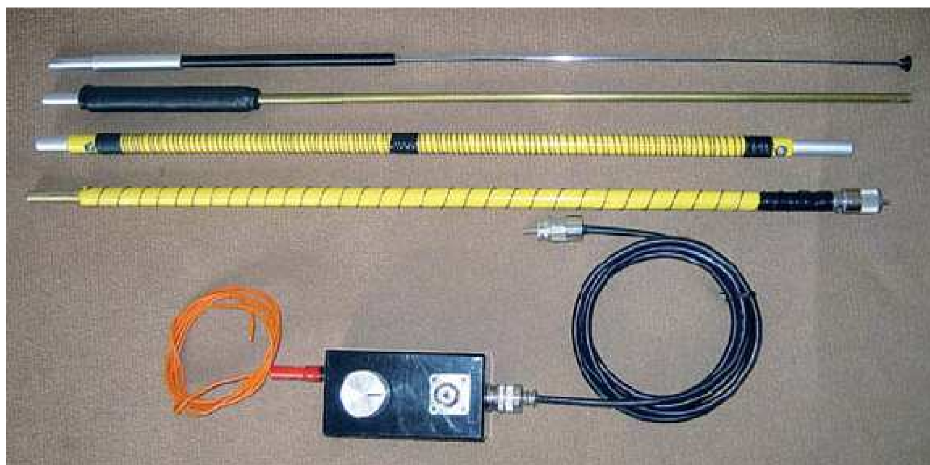


Rys. 3.4.11. Schemat obwodu dopasowującego

Fot. 3.4.12. Wykonanie skrzynki

3.5. Krótka antena pionowa na pasma 40 – 10 m

Podróżna antena do zainstalowania na balkonie albo tarasie przedstawiona w numerze 11/2011 miesięcznika „Funkamateur" i w „CQDL Spezial. Antennen" składa się z części nawiniętych spiralnie, części teleskopowej i cewki przedłużającej przeciwwagę. Dzięki zastosowaniu wymiennych modułów pozwala ona na pracę w różnych pasmach krótkofalowych przy zachowaniu elektrycznej długości ćwiartki fali. Dla pasma 40 m konieczne jest użycie dwóch części nawiniętych spiralnie (oznaczonych dalej jakio L1 i L2) i krótkiej rurki na szczycie przedłużonej za pomocą cewki L3, dla pozostałych pasm poza pasmem 10 m antena składa się z dwóch części nawiniętych spiralnie i z części teleskopowej a dla pasma 10 m – jedynie z dwóch części nawiniętych spiralnie. Antena wymaga użycia przeciwwagi o długości 2,5 m lub podobnej.
Dolne części anteny (L1, i L2) są nawinięte na rurach z włókna szklanego o śrenicach 10 mm i długościach 0,5 m, ale jest to tylko jedna z możliwości. Na pierwszym elemencie u dołu zamontowana jest wtyczka koncentryczna, a nawinięty przewód jest połączony z jej kontaktem środkowym. Końce i środek nawiniętego przewodu są umocowane na rurach za pomocą koszulki termokurczliwej. Na końcach elementów znajdują się krótkie rurki aluminiowe służące do umieszczenia elementów jeden na drugim i do zapewnienia ich kontaktu elektrycznego. Przewód anteny jest połączony z rurkami metalowymi za pomocą blachowkrętów.
Cewka przedłużająca L3 ma indukcyjność 45 µH i składa się ze 130 zwojów przewodu Cuem 0,5 mm nawiniętych sciśle na rurce plastikowej o średnicy 16 mm. Również i jej końce są połączone z kontaktowymi rurkami metalowymi za pomocą blachowkrętów.
Dokładnego dostrojenia przeciwwagi do częstotliwości pracy (elektrycznej długości 0,25 λ) dokonuje się za pomocą zmiennej indukcyjności umieszczonej w pudełku zasilającym. Cewka ta jest nawinięta na ceramicznym korpusie starego potencjometru drutowego.

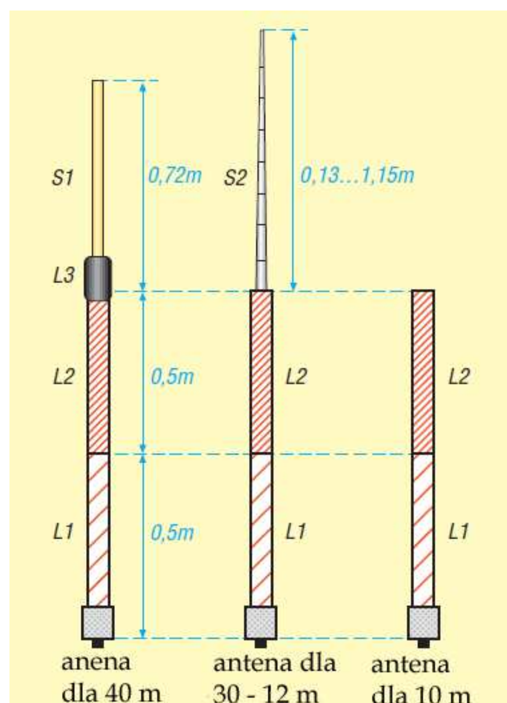


Fot. 3.5.1. Elementy anteny, od góry: część teleskopowa S2, przedłużenie dla pasma 40 m (L3 i S1), dwie podstawowe części L2 i L1, a poniżej skrzynka zasilająca z przeciwwagą i kablem koncentrycznym

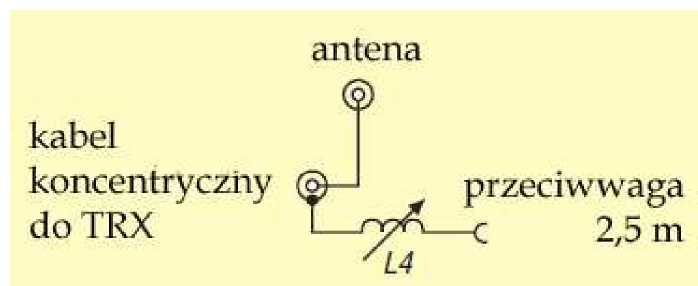




Fot.3.5.2. Skrzynka zasilająca



Rys. 3.5.3. Kombinacje elementów dla poszczególnych pasm



Rys. 3.5.4. Schemat skrzynki zasilającej

Tabela 3.5.1. Elementy anteny

Element	Wykonanie
L1	1,6 m przewodu Cuem 0,5 mm na rurze z włókna szklanego o długości 0,5 m i średnicy 10 mm
L2	5 m przewodu Cuem 0,5 mmna rurze z włókna szklanego j.w.
L3	130 zw. (7,55 m) przewodu Cuem 0,5 mm na rurce instalacjnej o długości 120 mm i średnicy 16 mm
S1	Rurka mosiężna o długości około 600 mm
S2	Część teleskopowa 1,2 m
R	Przeciwwaga, 2,5 m licy w izolacji
L4	4 lub 6 m przewodu Cuem 0,5 mm nawinięta na korpusie potencjometru drutowego o średnicy 30 lub 40 mm

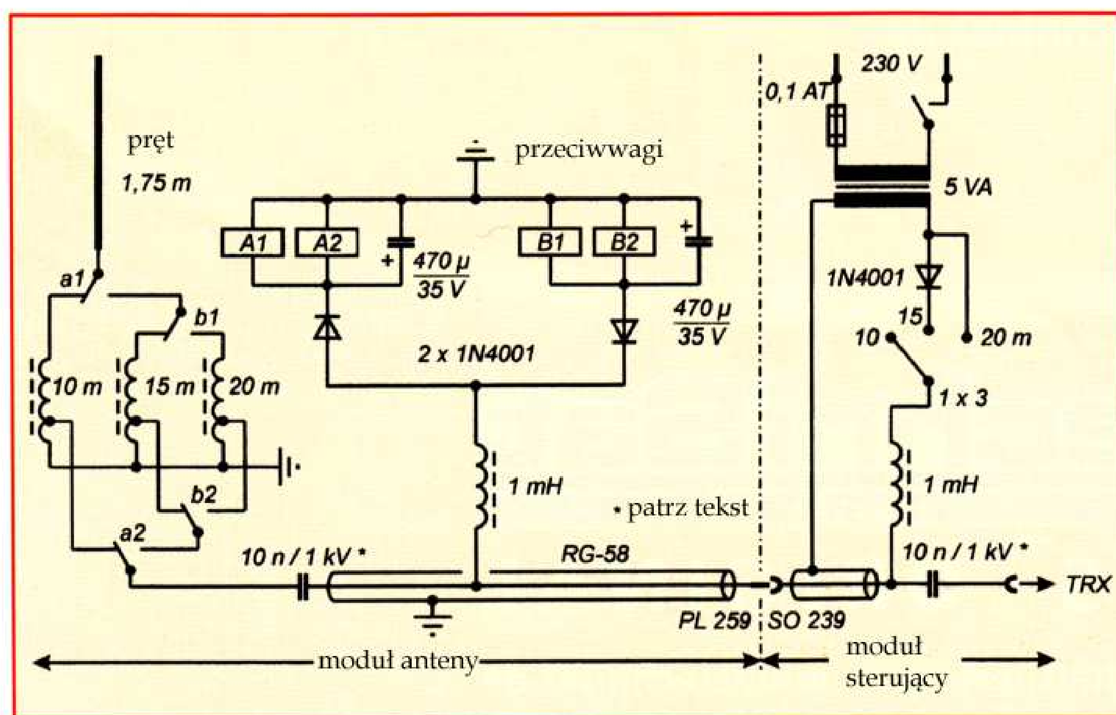
Tabela 3.5.2. Kombinacje elementów dla poszczególnych pasm

Pasmo [m]	Elementy					
	L1	L2	L3	S1	S2	L4	R
40	x	x	x	x		x	x
30	x	x			0,65 m	x	x
20	x	x			1,15 m	x	x
17	x	x			0,70 m	x	x
15	x	x			0,36 m	x	a
12	x	x			0,13 m	x	a
10	x	x				x	a

Uwagi:
a) Przeciwwaga może być krótsza
x) Element używany

3.6. Krótka antena pionowa na pasma 10, 15 i 20 m

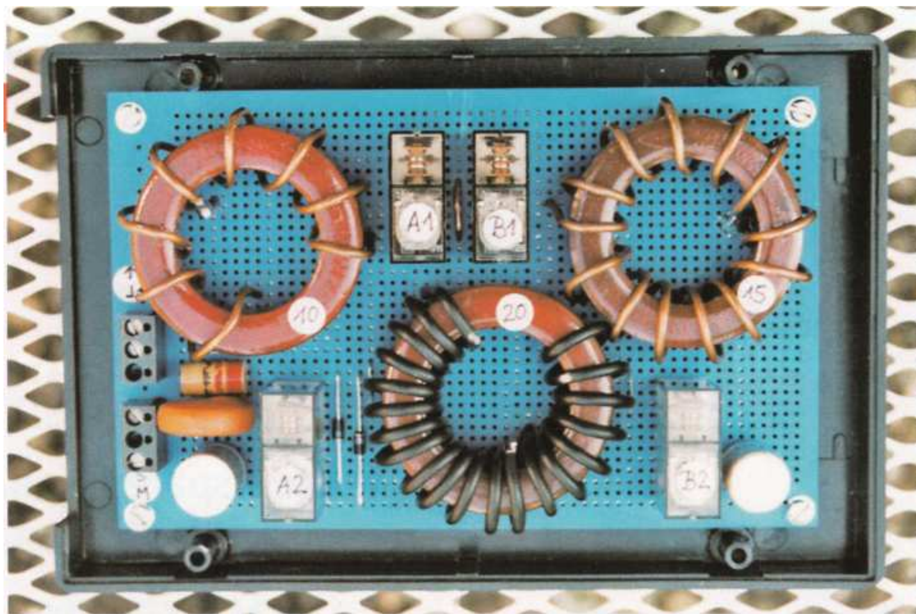
Antena składa się z pionowego promiennika o długości 1,75 – 2 m przedłużonego za pomocą cewek nawiniętych na rdzeniach pierścieniowych. Cewki te są zdalnie przełączane przy użyciu przekaźników A1, A2, B1 i B2, przy czym przełączane napięcie zasilające przekaźniki jest doprowadzone przez kabel koncentryczny, dzięki czemu unika się konieczności prowadzenia dodatkowego kabla kilkużyłowego. W opisanej w miesięczniku „Funk” 3/2005 antenie promiennik został wykonany z aluminiowej rurki o średnicy 16 mm i długości 1,75 m, ale można tutaj zastosować rurki o zbliżonej lub mniejszej średnicy i długości do 2 m.
Cewki zostały nawinięte na proszkowych rdzeniach pierścieniowych o wymiarach dostosowanych do mocy nadawania. Mogą być to rdzenie z materiału nr 6 (żółtego) lub ewentualnie nr 2 (czerwonego) firmy Amidon. Dla mocy nadawania 100 W powinny być to rdzenie T130, T157 lub T200.
W oryginalnym rozwiązaniu użyto rdzeni T200-2. Cewka dla pasma 10 m o indukcyjności 0,94 µH miała 8,5 zwoja z odczepem na 5 zwoju, dla pasma 15 m cewka o indukcyjności 2,19 µH miała 13 zwojów z odczepem na 6 zwoju, a dla pasma 20 m cewka o indukcyjności 5,67 µH miała 22 zwoje z odczepem na 7 zwoju. Indukcyjność cewek daje się zmieniać w granicach kilku procent przez zbliżanie do siebie lub rozsuwanie zwojów. Położenia odczepów są orientacyjne i warto dobrać je dla otrzymania jak najlepszego dopasowania do kabla 50 Ω. Z tego też względu praktycznie jest wykonać uzwojenia z gołego nieizolowanego przewodu.
Przy mocy nadajnika 100 W kontakty przekaźników muszą mieć obciążalność prądową co najmniej 8 A. W opisanej konstrukcji zastosowano przekaźniki grzebieniowe 24 V/16 A i oporności cewki 700 Ω. Dla uniknięcia pojemnościowych sprzężeń między kontaktami zastosowano cztery odzielne przekaźniki zamiast dwóch podwójnych.
Przekaźniki zasilane są napięciem zmiennym 24 V przez przełącznik trójpozycyjny. W pozycji 2 dla pasma 15 m na przekaźniki podawane są dodatnie połówki napięcia co powoduje zadziałanie przekaźników A. W położeniu 3 dodatnia połówka powoduje przyciągnięcie przekaźników A, a ujemna – przekaźników B. Kondensatory elektrolityczne zapobiegają drganiom kotwiczek przekaźników. W pozycji 1 przełącznika wszystkie przekaźniki pozostają w stanie spoczynkowym.



Rys. 3.6.1. Schemat ideowy

Kondensatory separujące w torze sygnału muszą przy 100 W w.cz. przewodzić prąd 1,5 A, a w przypadku niedopasowania wytrzymywać napięcia przekraczające 400 V. Ich impedancja dla najniższego pasma nie powinna przekraczać 1 Ω. W oryginalnej konstrukcji zastosowano kondensatory mikowe

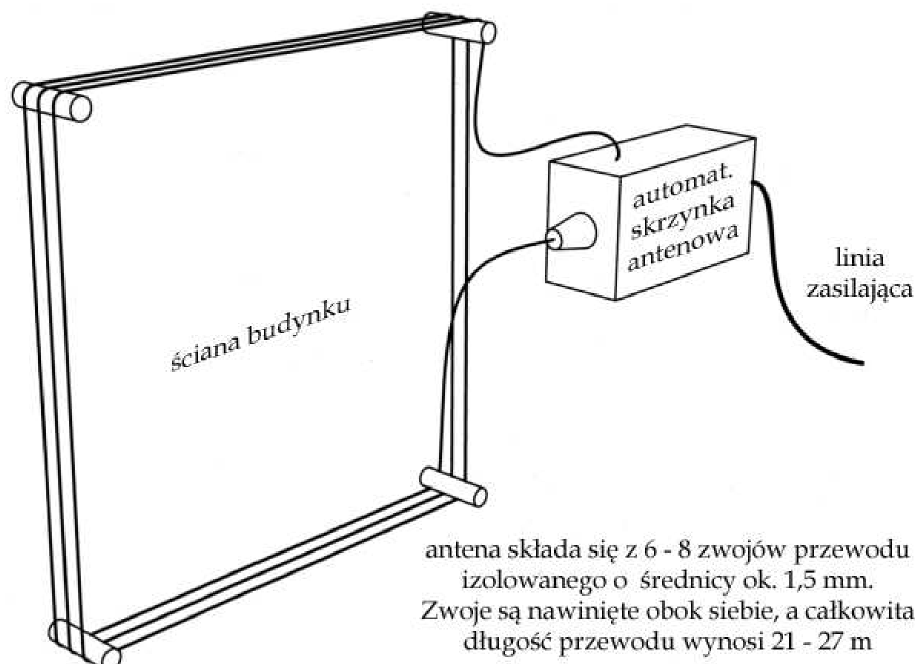
10 nF/1 kV. Dławiki powinny mieć indukcyjność tak dobraną, aby przy mocy nadawania 100 W płynący przez nie prąd wielkiej częstotliwości nie przekraczał 1 mA. Obliczenia przeprowadzone dla najniższego pasma – 14 MHz – dają w wyniku indukcyjność około 1 mH. Można w tym miejscu wykorzystać gotowe dławiki nawinięte na na rdzeniach ferrytowych lub też nawinąć je we własnym zakresie na ferrytowych rdzeniach pierścieniowych o dużej przenikalności magnetycznej. Średnica przewodu powinna być dobrana tak, aby spadek napięcia na dławikach przy prądzie nominalnym pobieranym przez przekaźniki był pomijalny.
Antena wymaga przeciwwagi, przy czym w wielu przypadkach wystarcza dach pokryty blachą.



Fot. 3.6.2. Moduł antenowy w obudowie

4. Anteny pętlowe

4.1. Montaż anteny pętlowej na ścianie domu



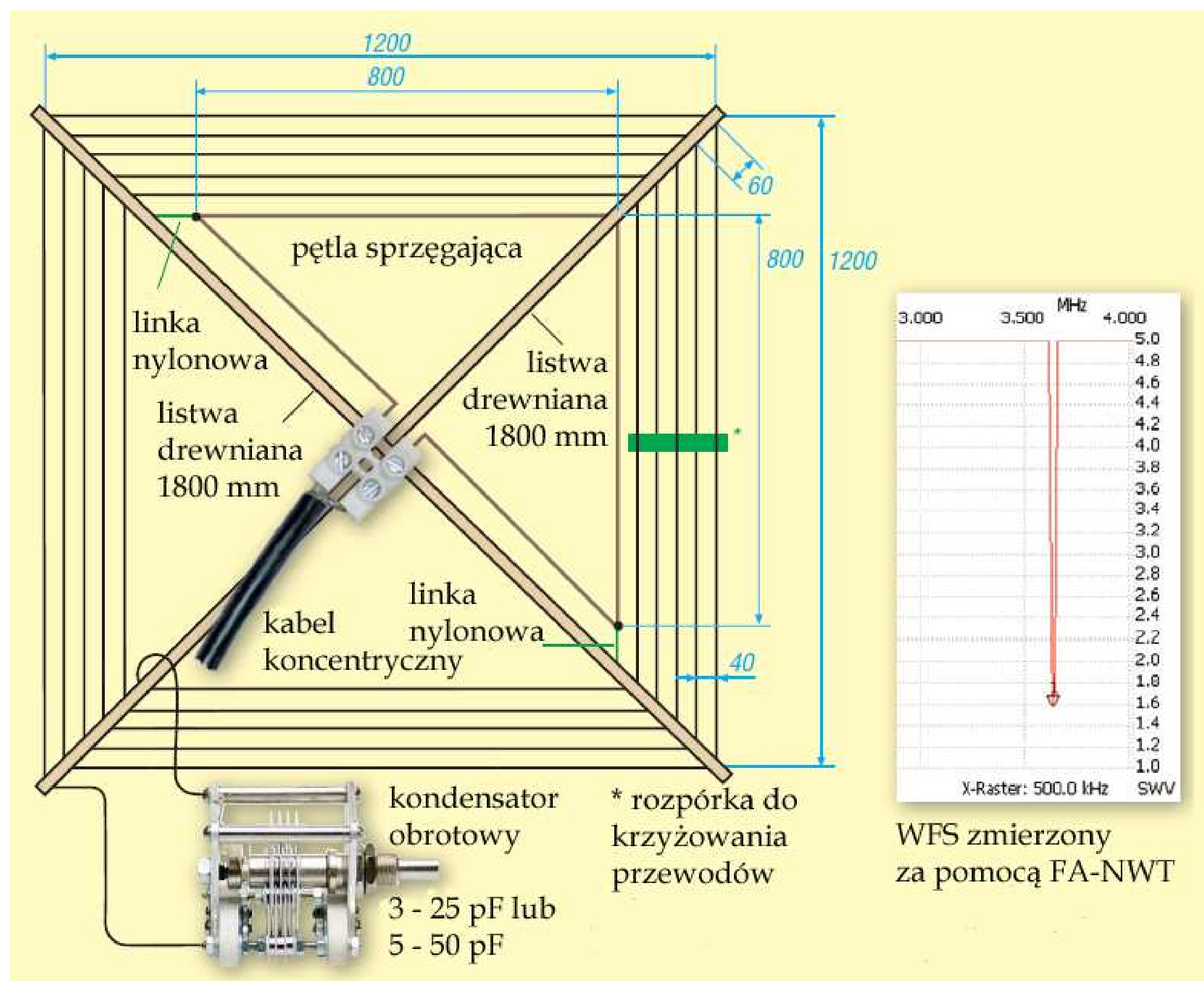
Rys. 4.1.1. Przykład montażu anteny pętlowej na ścianie domu. Długość boków powinna wynosić co najmniej 0,7 – 1 m. Skuteczność anteny zależy od powierzchni obejmowanej przez pętlę, co oznacza, że warto dobrze wykorzystać dostępne miejsce

Antenę taką można zainstalować na zewnątrz budynku lub wewnątrz o ile ściany nie tłumią nadmiernie fal elektromagnetycznych. Zamiast ściany może być to oczywiście sufit lub powierzchnia dachu na strychu. Umieszczenie anten wewnątrz może powodować nadmierne zakłócenia i narażać mieszkańców na silne pola elektromagnetyczne przy pracy z większymi mocami nadawania. Problemy te nie występują praktycznie przy pracy QRP.

4.2. Pętlowa antena na pasmo 80 m

Opisana w numerze 2/2012 „Funkamateura” antena ma wymiary 1,2 x 1,2 m i składa się z pięciu zwojów przewodu zamocowanych na krzyżaku. Anteny o tej konstrukcji były dawniej bardzo popularne jako anteny odbiorcze, ale antena konstrukcji SM0VPO jest również anteną nadawczą. Dostrojenia do częstotliwości pracy dokonuje się za pomocą kondensatora obrotowego o pojemności 3 – 25 pF lub 5 – 50 pF, a szerokość pasma w zakresie 80 m wynosi około 10 kHz. Odstęp płytek kondensatora powinien wynosić co najmniej 2 mm.
Do wykonania krzyżaka potrzebne są dwa elementy drewniane o długościach po 1,8 m lub cztery o długościach po 90 cm. Do nawinięcia uzwojenia potrzebne jest około 20 m licy o średnicy 2 mm, ale można także wykorzystać zwykły przewód od instalacji elektrycznych. Odstęp między zwojami wynosi 4 cm.
Dla zmniejszenia pojemności własnej uzwojenia można też dodać pręciki-rozpórki pionowe i poziome i przeprowadzić przewód na przemian po jednej i po drugiej ich stronie tak aby się krzyżowały w powietrzu identycznie jak było to praktykowane w nawijaniu danych cewek. Przy nawinięciu anteny bez krzyżowania przewodów jej rezonans własny leży pomiędzy 4,1 – 4,7 MHz.

Antena jest dostrajana do częstotliwości pracy za pomocą kondensatora obrotowego. Należy zwrócić uwagę, że już przy niskich mocach nadawania (QRP) występują na nim dość wysokie napięcia, co wymaga zachowania ostrożności. Po dostrojeniu anteny do pożądanego wycinka pasma można zmierzyć pojemność kondensatora i zastąpić ko przez kondensator wykonany z odcinka kabla koncentrycznego RG-213. Pojemność kabla wynosi w przybliżeniu 1 pF/cm.
Opisana antena ramowa nie jest oczywiście anteną DX-ową ale dobrze sprawuje się jako antena balkonowa, plenerowa lub w ogóle jako pomocnicza. Do jej zasilania służy pętla sprzęgająca.

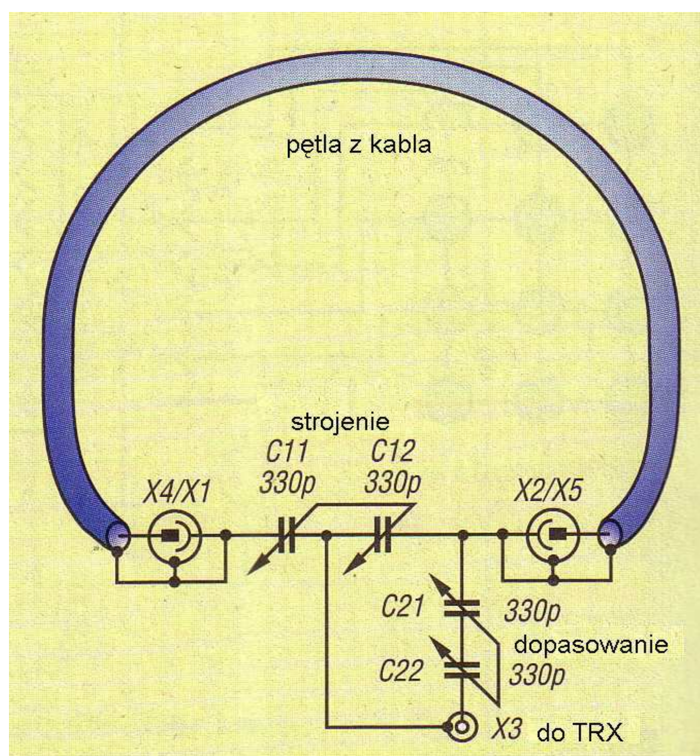


Rys. 4.2.1. Konstrukcja anteny ramowej. Kolorem zielonym zaznaczono element (listewkę) umieszczoną między przewodami pętli tak, aby się krzyżowały

5. Anteny magnetyczne

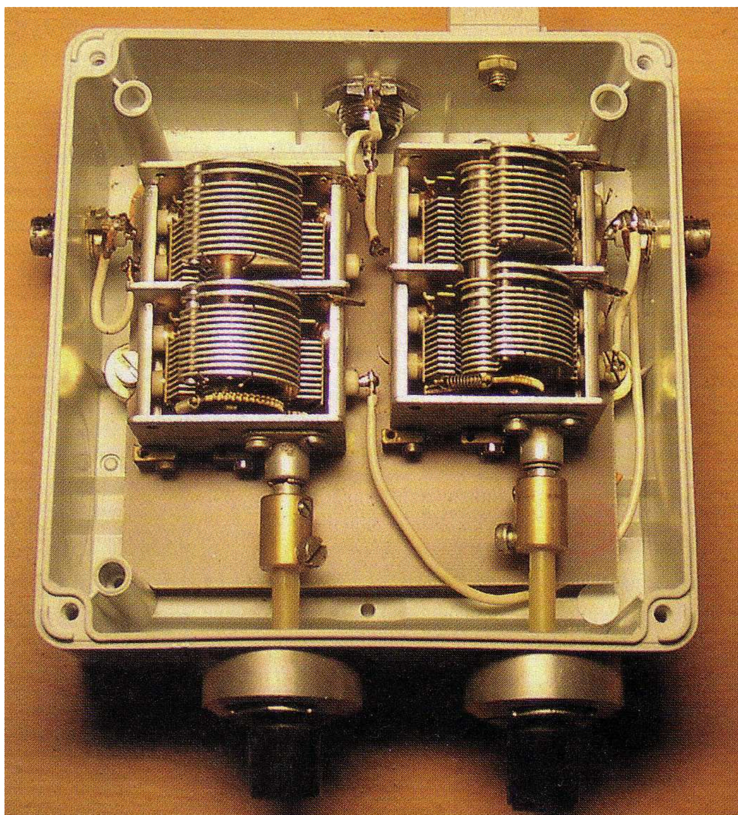
Jak wynika z rozważań z rozdziału pierwszego najkorzystniejszą formą anten magnetycznych jest okrąg, a po nim – ośmiokąt. Dla anten kwadratowych, romboidalnych itp. należy liczyć się z mniejszą sprawnością. W większości konstrukcji kondensator strojeniowy znajduje się u góry anteny, a obwody sprzęgająco-dopasowujące u dołu. Ze względu na wysokie napięcia występujące na kondensatorze ręczne dostrajanie anteny jest zasadniczo możliwe tylko przy małych mocach. W antenach przewidzianych do pracy z większymi mocami konieczne jest użycie kondensatorów o wytrzymałości napięciowej wielu kilowoltów. Najlepszym rozwiązaniem jest użycie specjalnie do tych celów przewidzianego kondensatora próżniowego – dostępnego na różnego rodzaju giełdach i pchlich targach krótkofalarskich.
Do zasilania i dopasowania anteny służą przeważnie pętle o średnicy ok. 1/5 – 1/6 średnicy pętli anteny ale spotyka się też układy dopasowania za pomocą kondensatora szeregowego lub transformatory typu gamma.
Anteny magnetyczne spotyka się najczęściej w zakresie fal krótkich ale tu i ówdzie publikowane są także konstrukcje anten dla pasm 6 i 2 m.
Ze względu na opisane uprzednio zalety anteny magnetyczne są produkowane fabrycznie i są stosunkowo łatwo dostępne na rynku. Typowe średnice fabrycznych anten dla pasm 80 i 40 m leżą w granicach 3 – 3,5 m, dla pasm 40 – 20 m ok, 1,5 m, a dla wyższych pasm KF – ok. 80 cm.
Anteny magnetyczne można montować w pozycji leżącej lub stojącej. W pierwszym przypadku mają one dookólną charakterystykę promieniowania, a w drugim – kierunkową zbliżoną do ósemki. Wymaga to albo użycia obrotnicy albo wybrania preferowanych kierunków łączności. Możliwość obracania anteny ułatwia także w pewnym stopniu eliminację sygnałów zakłócających.
W zależności od mocy nadawania i częstotliwości pracy prądy płynące w antenach mogą dochodzić do kilkudziesięciu lub nawet do ponad 100 A, a panujące wokół anten pola magnetyczne osiągają znaczne natężenia, mogące wywierać niekorzystny wpływ na organizm ludzki. Dlatego też jeżeli osoby postronne mogą się zbliżyć do anteny na odległość mniejszą niż 5 m należy ograniczyć moc nadajnika do 5 – 10 W. To samo dotyczy również operatora, który nie powinien w trakcie nadawania znajdować się bliżej niż w podanej odległości, a więc szczególnie korzystanie z anten znajdujących się w pokoju wymaga także ograniczenia mocy.

5.1. Urlopowa antena magnetyczna QRP



Rys. 5.1.1. Schemat anteny urlopowej

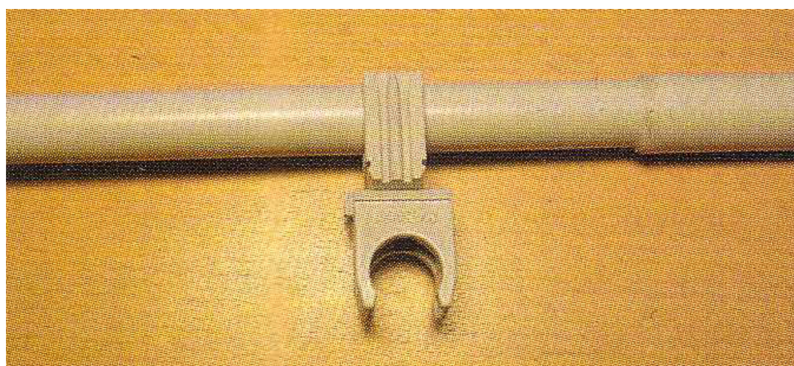
Przedstawiona na rys. 5.1.1 antena magnetyczna jest wykonana z odcinka kabla koncentrycznego dowolnego typu np. RG58 albo telewizyjnego 75-omowego o długości ok. 3 m dla zakresu 7 – 21 MHz albo ok. 2 m dla pasm 12 i 10 m. Na końcach kabla umieszczono wtyki koncentryczne BNC lub inne. Kabel ten można zwinąć na czas transportu dzięki czemu antena zajmuje mało miejsca w bagażu. Zamiast pętli sprzęgającej zastosowano w tym rozwiązaniu sprzężenie pojemnościowe, a oba kondensatory (dwusekcyjne o pojemnościach 330 pF na sekcję) zamontowano w hermetycznej skrzynce od instalacji elektrycznych o wymiarach ok. 14 x 14 cm stosowanej w instalacjach elektrycznych (fot. 5.1.2). Na jej bocznych ściankach umocowane są gniazda koncentryczne. Przy małych mocach nadajnika (autor opracowania korzystał z radiostacji FT-817 o mocy 5 W) w układzie dopasowania i strojenia można użyć powietrznych kondensatorów strojeniowych np. od odbiorników lampowych. Metalowe ośki kondensatorów są przedłużone za pomocą osiek plastikowych, na których drugich końcach znajdują się gałki. Autor opracowania DL9DWR zastosował gałki od potencjometrów 10-obrotowych, ale można je zastąpić dowolnymi innymi – posiadanymi lub łatwiej dostępnymi, ew. z dodatkową przekładnią dla zwiększenia precyzji strojenia.
Wstępnego dostrojenia anteny należy dokonać przy odbiorze kierując się siłą odbieranego sygnału a następnie po przejściu na nadawanie dokonać korekty w celu uzyskania minimalnego współczynnika fali stojącej (WFS).
Pętla anteny jest zawieszona na stojaku złożonym z dwóch skrzyżowanych rurek od instalacji elektrycznych (fot. 5.1.3), z których pozioma ma długość 70 cm a pionowa 1 m. Dla ułatwienia transportu pionowa część konstrukcji może być podzielona na dwie części np. mające długości 70 i 30 cm. Do połączenia rurek poziomej i pionowej najlepiej jest użyć dwóch skrzyżowanych uchwytów służących do mocowania rurek na ścianach jak to przedstawia fot. 5.1.4. Rurka pionowa jest umocowana do skrzynki strojeniowej za pomocą takiego samego uchwytu. Na końcach rurek wykonano wgłębienia zapobiegające zsuwaniu się pętli. Ostatnie zdjecie przedstawia antenę rozłożoną na części i gotową do transportu. Opis pochodzi z nr 8/2004 miesięcznika „Funkamateur”, a antena została praktycznie wypróbowana przez OE1KDA.
Przy solidniejszej konstrukcji krzyżaka, użyciu sztywniejszego (grubszego) kabla i zabezpieczeniu kondensatorów strojeniowych przed deszczem i wilgocią antena nadaje się do pracy stacjonarnej.



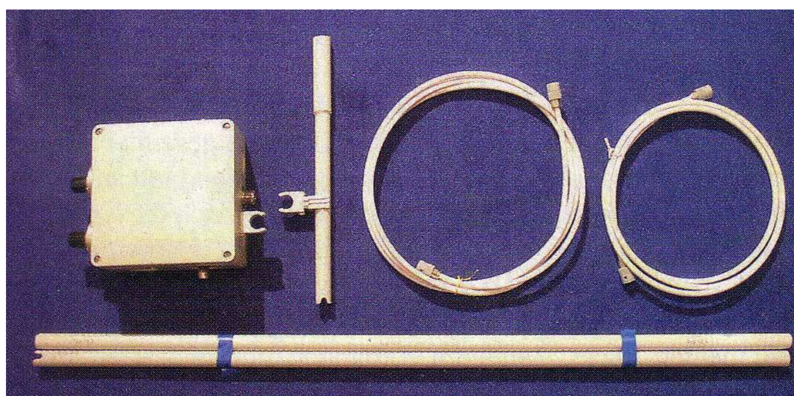
Fot. 5.1.2. Skrzynka strojeniowa



Fot. 5.1.3. Widok rozpiętej anteny



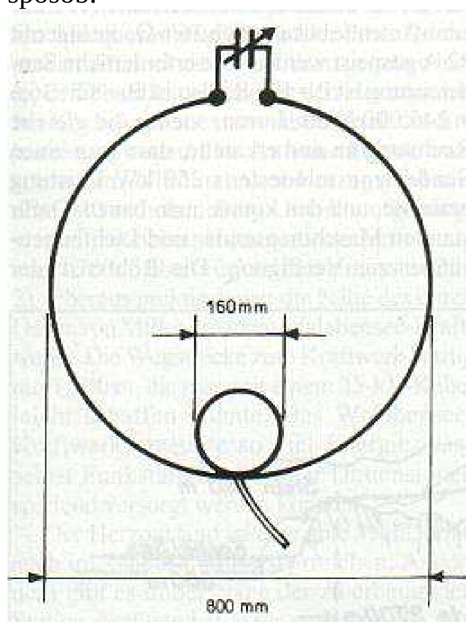
Fot. 5.1.4. Szczegół konstrukcji krzyżaka



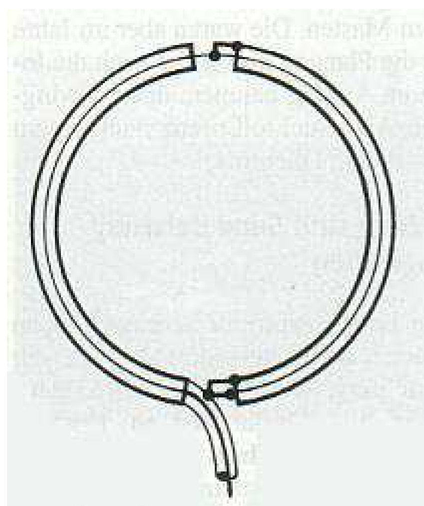
Fot. 5.1.5. Antena przygotowana do transportu

5.2. Magnetyczna antena QRP

Antena o średnicy 800 mm (rys. 5.2.1) jest wykonana z miedzianej rurki wodociągowej o średnicy 14 mm. Jako kondensatora strojeniowego użyto radiowego kondensatora zmiennego o izolacji powietrznej i pojemności ok. 500 pF. Pozwala on na strojenie anteny w zakresie od 40 do 10 m. O ile przy większych mocach (np. 100 W) konieczne jest stosowanie kondensatorów wysokonapięciowych, o tyle przy mocach rzędu 5 W wystarczą zwykłe kondensatory powietrzne.
Do zasilania anteny służy pętla sprzęgająca o średnicy 160 mm (1/5 średnicy anteny) wykonana z kabla koncentrycznego RG-213. Konstrukcja pętli jest przedstawiona na rys. 5.2.2. Przykład konstrukcji mechanicznej anteny przedstawia rys. 5.2.3. Autor (DL8DCA, "Funk" 1/2002) przywiązał antenę do drewnianej ramki za pomocą wiązadeł do kabli. Pętla zasilająca jest przymocowana do anteny w ten sam sposób.



Rys. 5.2.1. Magnetyczna antena QRP



Rys. 5.2.2. Połączenia żyły środkowej i ekranu

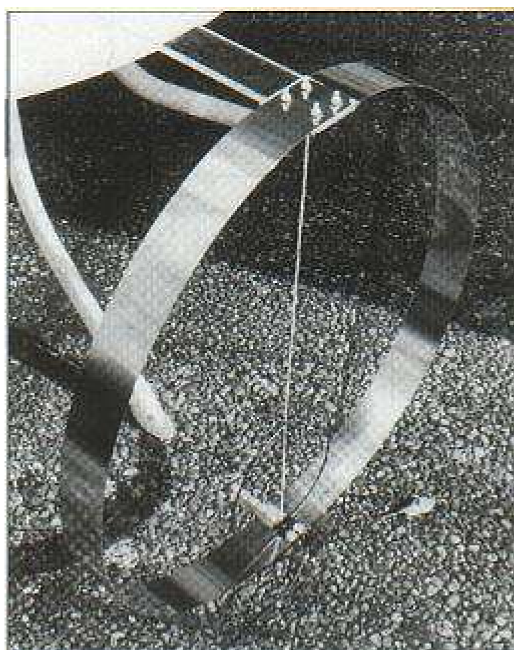


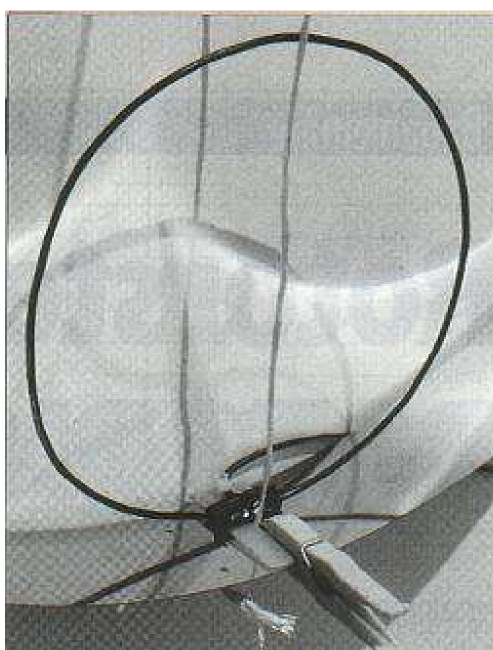
Rys. 5.2.3. Konstrukcja anteny w ramce drewnianej

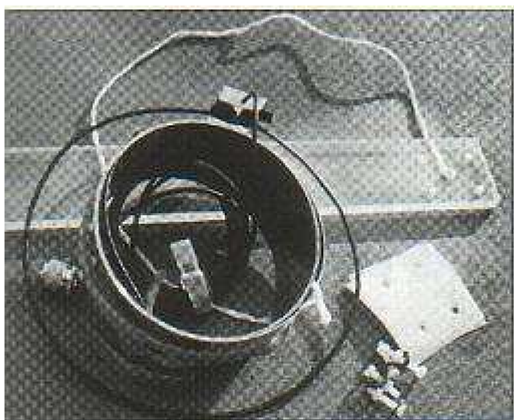
5.3. Przenośna antena magnetyczna na pasmo 20 m

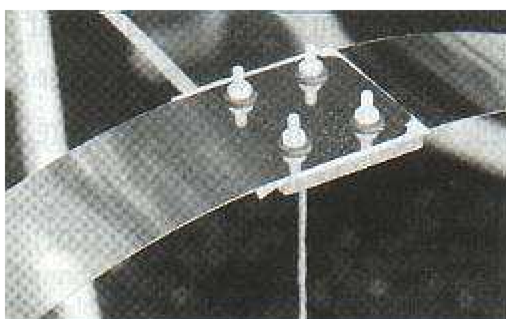
Antena wykonana jest z taśmy stalowej o długości 202 cm, szerokości 60 mm i grubości 0,4 mm. Dzięki ograniczeniu się do pasma 20 m można zrezygnować z oddzielnego kondensatora. Kondensator

składa się z zachodzących na siebie końców taśmy, a jako izolator służą dwie warstwy folii teflonowej o grubości po 0,25 mm. Długość okładek wynosi w przybliżeniu 55 mm co daje pojemność ok. 120 pF. W jednym z końców taśmy lepiej jest wykonać otwory podłużne, pozwalające na niewielką zmianę długości okładek, a więc i pojemności kondensatora. Do skręcenia ze sobą końców taśmy użyto śrub z tworzywa sztucznego 4 x 20 mm. Stopień ich dokręcenia wpływa również w niewielkim stopniu na pojemność kondensatora, co pozwala na precyzyjne dostrojenie anteny do częstotliwości pracy. Szerokość pasma przenoszenia wynosi ok. 80 kHz, co oznacza, że przy ograniczeniu się do wybranego odcinka pasma, np. telegraficznego lub cyfrowego konieczne jest tylko jednorazowe jej dostrojenia. Po odkręceniu śrub taśma daje się zwinąć na czas transportu anteny.
Pętla zasilająca wykonana jest z izolowanego przewodu miedzianego o średnicy 1,5 mm i ma średnicę 19 mm (ok. 1/3 średnicy anteny, zamiast przyjmowanej najczęściej 1/5). Średnica anteny wynosi ok. 62,5 cm. Pętla sprzęgająca jest umocowana do prostokątnej płytki z tworzywa sztucznego przypiętej do anteny za pomocą plastikowej szczypawki do bielizny. Dla utrzymania kolistego kształtu taśmy jej dół jest podwiązany do najwyższego punktu za pomocą linki z tworzywa sztucznego.
Teoretycznie wytrzymałość napięciowa kondensatora pozwala na pracę w mocą nadawania 100 W, jednak ze względu na stosunkowo dużą stratność teflonu nagrzewa się on wówczas co powoduje przestrajanie anteny. W praktyce można więc korzystać z mocy nadawania nie przekraczających 25 W.
Pierwsza z ilustracji przedstawia widok ogólny anteny, a następne kolejno konstrukcję pętli sprzęgającej, antenę w stanie zwiniętym i kondensator w zbliżeniu. Opis konstrukcji (autor DJ3RW) pochodzi z magazynu "Funk" 09/2002.


Rys 5.3.1. Wygląd anteny

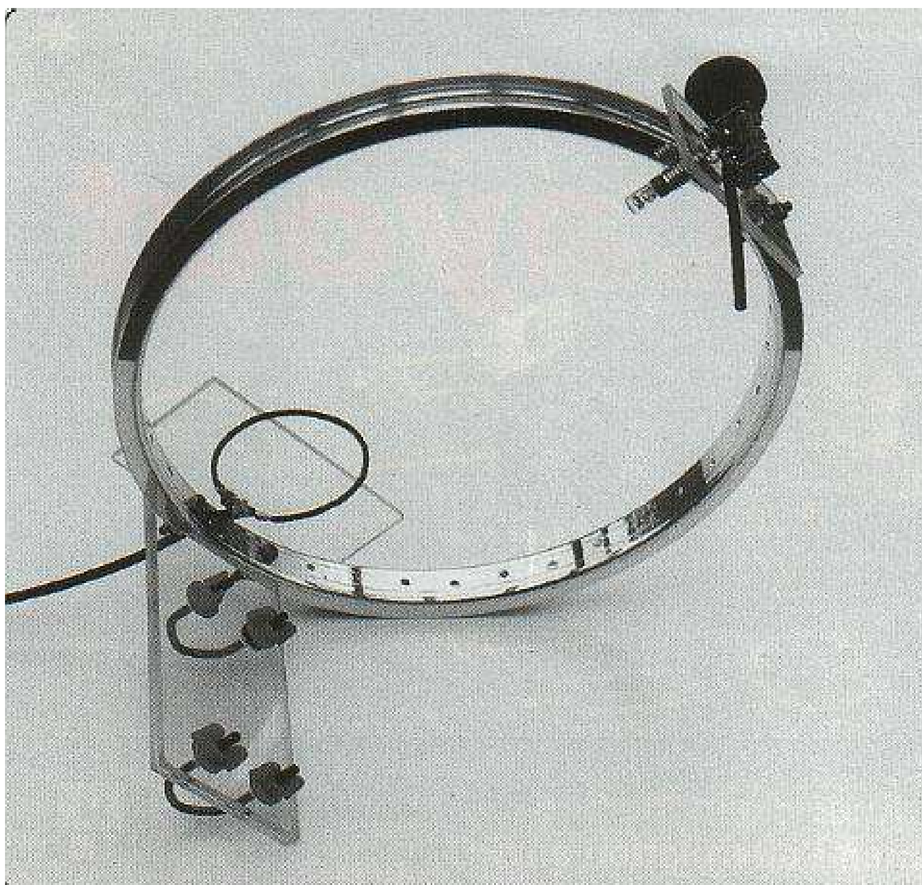

Rys. 5.3.2. Pętla sprzęgająca


Rys. 5.3.3. Antena gotowa do transportu

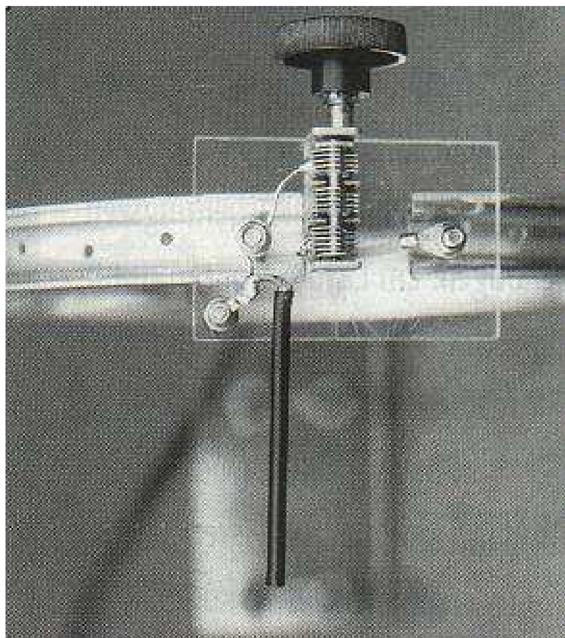

Rys. 5.3.4. Wykonanie kondensatora

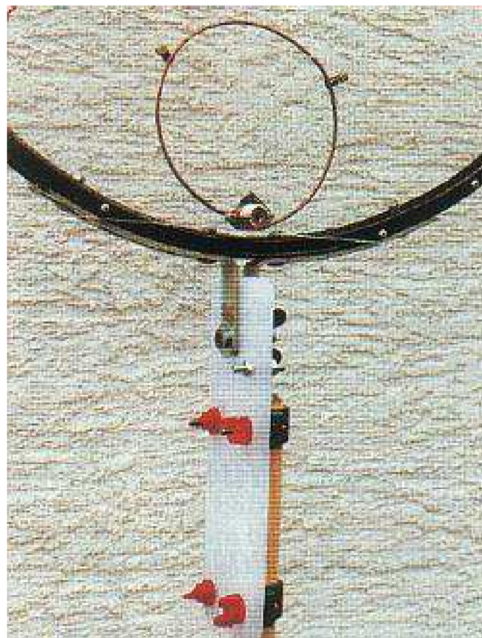
5.4. Antena magnetyczna na pasmo 6 m

Antena została wykonana przez DJ3RW z przeciętej 16" obręczy rowerowej i opisana w numerze 12/1998 miesiecznika "Funk". Pokrywa ona zakres częstotliwości 50 - 52 MHz i charakteryzuje się sprawnością ok. 36 %. Przy ograniczeniu mocy wyjściowej nadajnika do 10 W jako kondensatora można użyć kondensatora strojeniowego od odbiorników UKF o pojemności 2 x 10 pF lub podobnej. Dwie sekcje kondensatora są połączone szeregowo tak, że wyprowadzenia rotorów są połączone ze sobą, a wyprowadzenia statorów z końcówkami anteny. Dla uzyskania pojemności ok. 17 pF do kondensatora strojeniowego dołączono równolegle odcinek kabla koncentrycznego (1 cm = 1 pF). Zamiast niego można oczywiście użyć odpowiedniego kondensatora stałego. Jego wytrzymałość napięciowa powinna dla mocy 10 W wynosić 1000 V. W podanym przykładzie antena jest dostrajana ręcznie, a szerokość jej pasma przenoszenia wynosi ok. 250 kHz. Zmierzona przez autora opracowania indukcyjność obręczy wynosiła 0,52 µH.
Pętla sprzęgająca wykonana jest z drutu miedzianego o średnicy 3 mm bez izolacji. Drut jest przylutowany do bezpośrednio do gniazda koncentrycznego.
Antenę na pasmo 50 MHz można także wykonać z obręczy o średnicy 24". Zmierzona indukcyjność obręczy wynosiła ok. 0,98 µH. Konieczną do dostrojenia anteny pojemność ok. 7 pF uzyskano przez połączenie szeregowo dwóch sekcji kondensatora strojeniowego UKF o pojemności 2 x 20 pF. Dzięki zwiększeniu średnicy anteny uzyskuje się wyraźny wzrost jej sprawności – do 80 %.



Rys. 5.4.1. Antena magnetyczna na pasmo 6 m



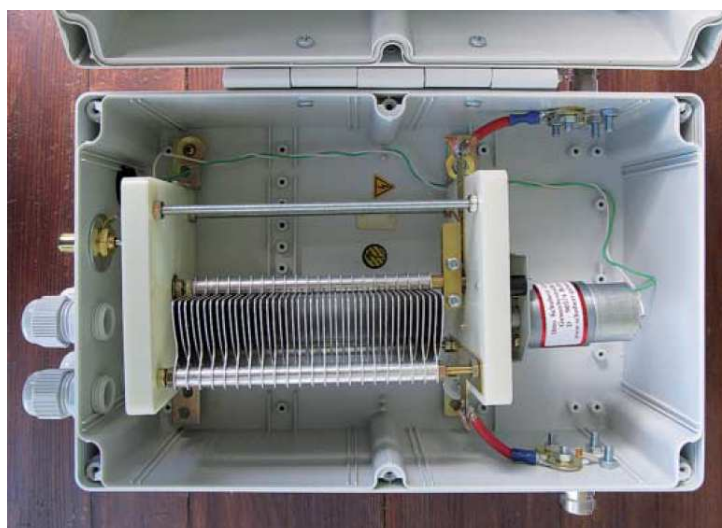


Rys 5.4.2. Kondensator strojeniowy Rys. 5.4.3. Pętla zasilająca

5.5. Antena magnetyczna dla pasm 6 i 10 m

Obręcz o średnicy 26" (ok. 1,15 µH) pozwala na skonstruowanie anteny pokrywającej zakres 27 – 51 MHz przy użyciu kondensatora o pojemności 5,5 – 28 pF. Dla mocy 100 W, którą dysponują przeważnie radiostacje krótkofalowe wytrzymałość napięciowa kondensatora musi wynosić 4,2 kV, a dla 50 W – 2,1 kV. Uzyskiwana jest sprawność od 35 % dla dolnego zakresu częstotliwości do 86 % dla górnego. Pasmo przenoszenia wynosi odpowiednio od 100 do 700 kHz.
Antena dla zakresu 14 – 29,7 MHz może być skonstruowana z obręczy 28" (ok. 1,35 µH) w połączeniu z kondensatorem pokrywającym zakres pojemności 94 – 18 pF. Uzyskiwana jest sprawność od 5,6 do 53 % i szerokość pasma 60 – 140 kHz.

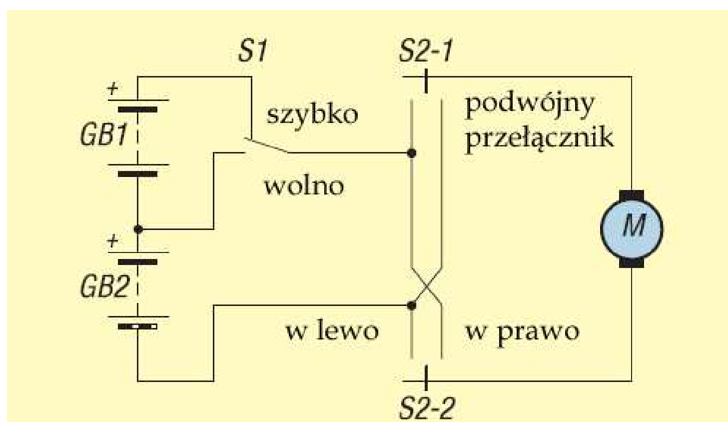
5.6. Elementy konstrukcji anten magnetycznych



Fot. 5.6.1. Skrzynka strojeniowa anteny magnetycznej

Plastikowa obudowa skrzynki zawiera kondensator strojeniowy o pojemności 15 – 430 pF i wytrzymałości napięciowej 2,3 kV (dla mocy nadawania do 100 W) i silniczek elektryczny z przekładnią. Na ściankach obudowy znajdują się zaciski do podłączenia anteny i zasilania (zdalnego sterowania) silniczka. Silniczek 12 V jest w trakcie strojenia zgrubnego zasilany napięciem 9 V, a w trakcie precy-

zyjnego – napięciem 4,5 V. Do jego zasilania użyto dwóch kompletów baterii R6 lub akumulatorków tej samej wielkości. Zasilanie ze wspólnego kompletu po wyprowadzeniu napięcia 4,5 V jest mniej praktyczne ponieważ oznaczałoby to niejednakowe wyładowanie ogniw baterii lub akumulatorków.



Rys. 5.6.2. Zasilanie i zdalne sterowanie silniczka



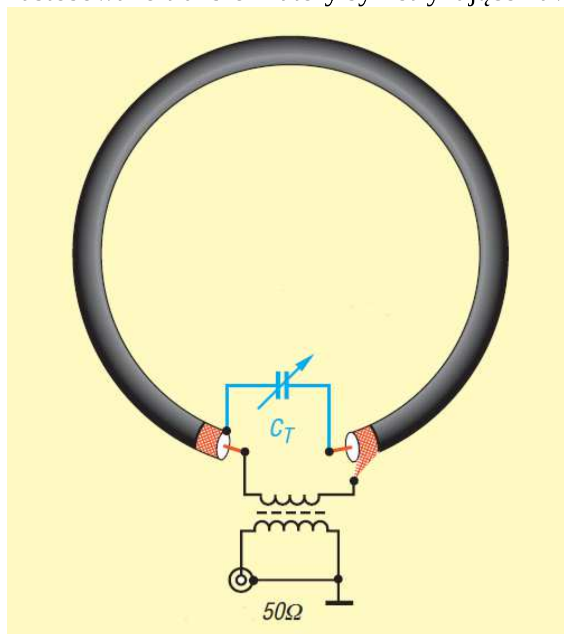
Rys. 5.6.3. Połączenia pętli sprzęgającej. Miejsca lutowań należy zaizolować

Linia zailająca anteny magnetyczne może być dopasowana do pętli na różne sposoby. Do najczęściej używanych należą pętle sprzęgające, ale często stosowane są też transformatory gamma lub układy z dodatkowym kondensatorem dopasowującym. Średnica pętli sprzęgających wynosi przeważnie 1/5 średnicy pętli antenowej, a optimum dopasowana uzyskuje się przez wyginanie i lekkie przemieszczanie pętli sprzęgającej.
Konstrukcje pochodzą z nru 5/2014 miesięcznika „Funkamateur".


Fot. 5.6.4. Kondensator próżniowy o wysokim napięciu przebicia

5.7. Kablowe anteny magnetyczne z rezonansem własnym

Opisane w numerze 1/2010 „Funkamateura" anteny wykonane z kabla koncentrycznego są obliczone zasadniczo tak aby indukcyjność pętli wraz z jej pojemnością własną dawały rezonans w pożądanym paśmie amatorskim. Ewentualny kondensator dostrojczy o niewielkiej pojemności jest tylko dodatkiem i można z niego zrezygnować zwłaszcza w przypadku trudności w zdobyciu kondensatora o wymaganej wytrzymałości napięciowej. Przy rezygnacji z kondensatora strojeniowego należy antenę dostroić na stałe do interesującego wycinka pasma: telegraficznego, DX-owego lub dla emisji cyfrowych. Zamiast stosowanych przeważnie pętli indukcyjnych albo transformatorów gamma do ich zasilania zastosowano transformatory symetryzujące nawinięte na rdzeniach pierścieniowych.



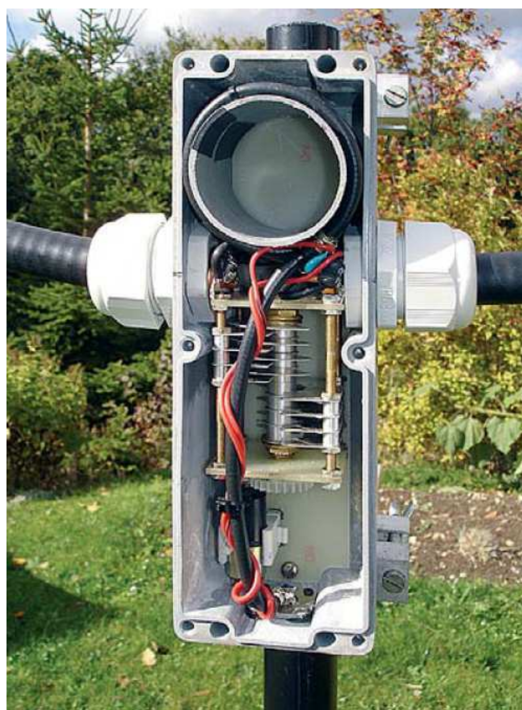
Rys. 5.7.1. Schemat połączeń anteny



Fot. 5.7.2. Antena o średnicy 0,39 m na pasmo 20 m

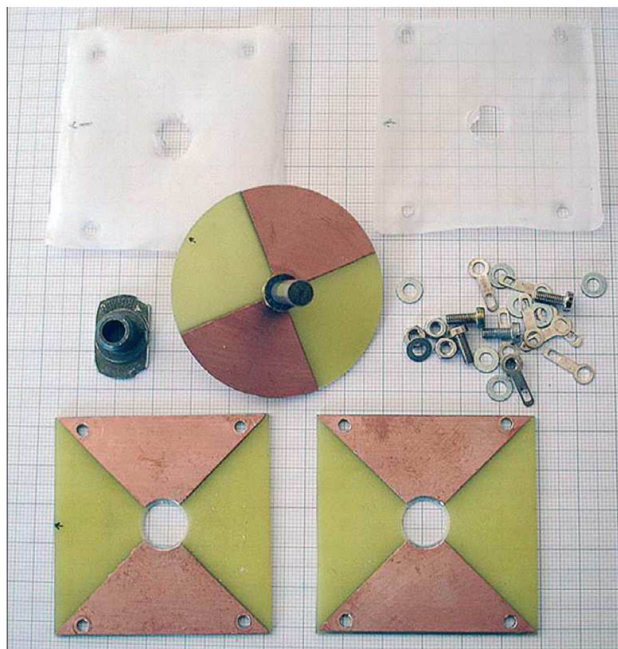


Fot. 5.7.3. Transformator zasilający antenę na 20 m. U góry widoczny kondensator motylkowy własnej roboty



Fot. 5.7.4. Zasilanie anteny 40 m

Pętlę najlepiej jest wykonać z możliwie sztywnego kabla współosiowego o większej grubości dla zapewnienia stabilności mechanicznej konstrukcji. Konstruktor DK8ZV użył do tego celu kabla Cellflex LCF58-50 o średnicy 5/8 cala (21,4 mm), ale dobrze spisuje się także Ecoflex 15. Impedancja falowa kabla jest natomiast bez znaczenia. Kabel LCF58-50 ma izolację piankową, pojemność własną 76 pF/m, nieistotny w tym zastosowaniu współczynnik skrócenia 0,88 i wytrzymałość napięciową 2,11 kV, natomiast Ecoflex 15 i Ecoflex 15 plus mają średnicę 15 mm, pojemność własną 77 pF/m, współczynnik skrócenia 0,86 i wytrzymałość napięciową 1,55 kV.
Antena na pasmo 20 m wykonana z kabla LCF58-50 ma średnicę 0,39 m, dla pasma 40 m – 0,73 m, a dla pasma 80 m – około 1,4 m.
Transformator zasilający dla anteny na pasmo 20 m jest nawinięty na rdzeniu pierścieniowym T130-2. Uzwojenie pierwotne składa się z 7 zwojów kabla RG-174. Środkowa żyła kabla jest z jednej strony połączona ze środkowym kontaktem gniazdka, a jego ekran – z masą gniazdka, natomiast z wdrugiej strony żyła środkowa jest połączona z masą, a ekran pozostaje nie podłączony. Uzwojenie wtórne zawiera dwa zwoje giętkiej licy w izolacji. Do precyzyjnego dostrojenia użyto tutaj dodatkowego kondensatora wykonanego z materiału drukowanego FR4 (widocznego u góry). Maksymalna dopuszczalna moc nadawania w tej konstrukcji wynosiła 50 W. Transformator jest umieszczony w obudowie z tworzywa sztucznego.
Powietrzny transformator dla anteny na 40 m jest nawinięty na rurze z PCV o średnicy 54 mm. Uzwojenie pierwotne składa się z 2 zwojów kabla koncentrycznego RG-223 połączonego identycznie jak w transformatorze na pasmo 20 m. Uzwojenie wtórne składa się z 2 zwojów kabla koncentrycznego ale do zacisków anteny magnetycznej podłączony jest jedynie jego ekran. Dostrajanie anteny odbywa się za pomocą kondensatora powietrznego o dzielonym statorze.
Transformator dla pasma 80 m jest nawinięty na rdzeniu pierścieniowym T130-2 przy czym jego ozwojenie pierwotne składa się z 8 zwojów nawiniętych na całym obwodzie rdzenia, a wtórne z trzech zwojów umieszczonych pomiędzy zwojami uzwojenia pierwotnego. Szerokość pasma bez przestrajania anteny w zakresie 20 m wynosi w przybliżeniu 100 kHz, w zakresie 40 m – 40 kHz, a w zakresie 80 m – 20 kHz. Do dostrajania anteny zamontowanej na stałe można użyć sterowanego zdalnie silniczka elektrycznego z przekładnią, ale przy pracy terenowej nie jest to konieczne.



Fot. 5.7.5. Elementy kondensatora

Kondensator motylkowy daje się stosunkowo łatwo wykonać we własnym zakresie. Konstruktor wykonał go z dwustronnego laminatu z materiału FR4. Płytki statora mają boki o długości 55 mm. Odstęp między osią rotora i plytkami statora musi wynosić co najmniej 1 mm. Na elektrody statora nałożone sa płatki cienkiej (0,1 mm) folii teflonowej) co zapewnia wymaganą wytrzymałość napię-

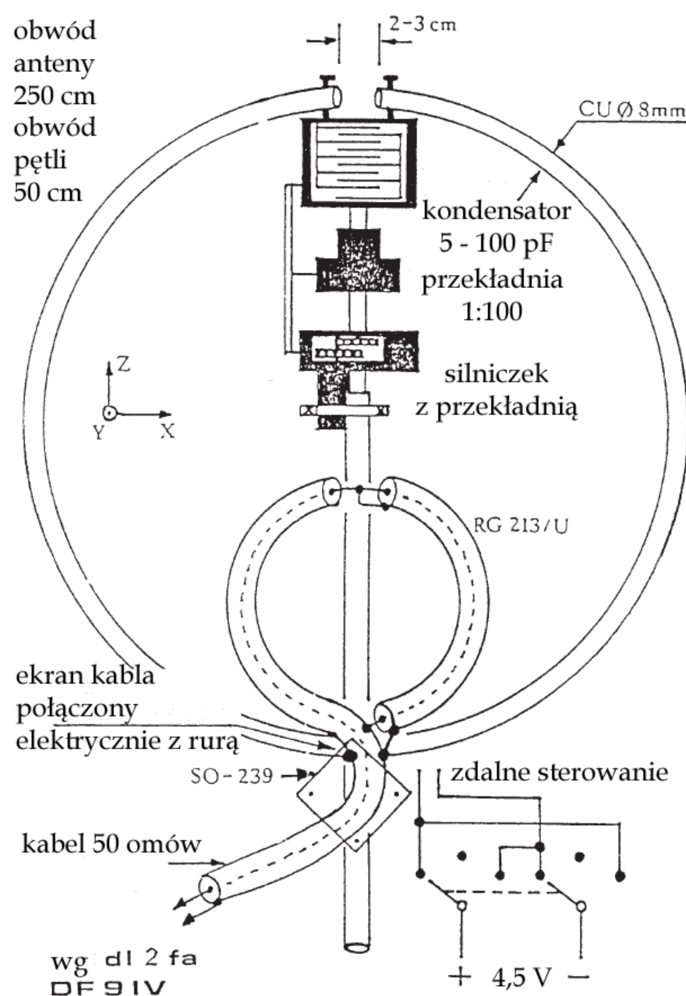
ciową 2 kV. Elementy konstrukcji są połączone ze sobą za pomocą śrub M3. W ten sposób uzyskano kondensator o pojemności 5 – 15 pF.

Dla skorzystania z innych rodzajów kabli indukcyjność i pojemność obwodu można obliczyć z podanych poniżej wzorów dobierając L i C tak aby antena znalazła się w rezonansie na wybranej częstotliwości.
Indukcyjność pętli oblicza się ze wzoru:

$$L = \mu \times a \times \left[\ln\left(\frac{8 \times a}{b} \right) - 2 \right]$$

Gdzie L jest indukcyjnością w H, a – promieniem pętli w m, b – promieniem materiału w m, w tym przypadku kabla koncentrycznego, a µ – przenikalnością magnetyczną równą 4 ∏ x 10^{-7}.
Pojemność obwodu jest obliczana ze wzoru
C = C‘ ∏ D
Gdzie C‘ jest pojemnością jednostkową kabla w pF/m, a D – średnicą pętli w m.

5.8. Zdalnie przestrajana antena o średnicy 80 cm



Rys. 5.8.1. Konstrukcja anteny

Antena jest wykonana z rurki miedzianej o średnicy 8 mm i długości 250 cm, a pętla sprzęgająca – z kabla współosiowego RG-213/U o długości 2 x 25 cm. Średnica pętli wynosi 80 cm, a więc jest ona zasadniczo przeznaczona do pracy w wyższych pasmach KF.
Opis pochodzi z numeru 1/1998 kwartalnika „QRP Report”.

5.9. Anteny magnetyczne produkcji fabrycznej

Zamieszczone w tym punkcie dane mają służyć jedynie jako orientacyjne, obrazujące możliwości fabrycznie produkowanych anten magnetycznych dobrej klasy i jako podstawa do porównań z własnymi konstrukcjami. Mogą one także ułatwić decyzję odnośnie wyboru wymiarów anten własnej konstrukcji. Zamiarem autora nie jest natomiast ani reklamowanie konkretnych produktów, ani zamieszczanie pełnej oferty rynkowej, ani aktualizacja danych w miarę zmian asortymentów. Bieżących informacji o asortymencie, parametrach technicznych i cenach należy szukać w katalogach i witrynach internetowych sklepów krótkofalarskich i producentów anten.
Część fabrycznie produkowanych antem musi być dostrajana ręcznie przez operatora, a niektóre droższe modele są strojone automatycznie lub też sterowniki automatyczne są dostępne za dopłatą.

Tabela 5.9.1. Anteny magnetyczne AMA firmy Käferlein. Szerokość pasma podana dla WFS < 2. Dane pochodzą z witryny firmy „Wimo"

Typ anteny	**AMA21DH**	**AMA31D**	**AMA41**	**AMA45D**
Średnica [m]	0,8	0,8	0,8	1,3
Maksymalna moc [W]	500	250	100	250
Pasma	20 – 10 m	30 – 10 m	40 – 10 m	40 – 15 m
Zysk (pasmo najniższe) [dBi]	0,6	-1,3	-4,9	-1,0
Zysk (pasmo najwyższe) [dBi]	1,7	1,7	1,7	1,7
Sprawność (pasmo najniższe) [%]	76	49	21	53
Sprawność (pasmo najwyższe) [%]	97	97	97	97
Szer. pasma (pasmo najniższe) [kHz]	20	11	7	11
Szer. pasma (nasmo najwyższe) [kHz]	80	80	97	87
Typ anteny	**AMA42DH**	**AMA85**	**AMA87**	**AMA84DH**
Średnica [m]	1,7	0,8	1,3	3,4
Maksymalna moc [W]	500	100	100	500
Pasma	40 – 20 m	80 – 15 m	80 – 17 m	80 – 40 m
Zysk (pasmo najniższe) [dBi]	0,4	-13,5	-6,9	0,2
Zysk (pasmo najwyższe) [dBi]	1,6	1,4	1,6	1,6
Sprawność (pasmo najniższe) [%]	72	2	10	69
Sprawność (pasmo najwyższe) [%]	96	92	96	95
Szer. pasma (pasmo najniższe) [kHz]	12	4	3	9
Szer. pasma (nasmo najwyższe) [kHz]	38	68	75	28
Typ anteny	**AMA163**	**AMA164**		
Średnica [m]	1,7	3,4		
Maksymalna moc [W]	100	100		
Pasma	160 – 30 m	160 – 40 m		
Zysk (pasmo najniższe) [dBi]	-10,9	-5,8		
Zysk (pasmo najwyższe) [dBi]	1,3	1,6		
Sprawność (pasmo najniższe) [%]	2	17		
Sprawność (pasmo najwyższe) [%]	89	95		
Szer. pasma (pasmo najniższe) [kHz]	3	4		
Szer. pasma (nasmo najwyższe) [kHz]	33	28		

Tabela 5.9.2. Strojone automatycznie anteny firmy Mazzoni. Dane pochodzą z witryny firmy „Wimo”

Model	BABY	MIDI	Jednostki
Zakres częstotliwości	6,6 – 29,8	3,5 – 14,5	MHz
Średnica	1,0	2,0	m
Impedancja	50	50	Ω
Maksymalna moc	250	250	W
Stos. przód/bok	25–35	25–35	dB
Indukcyjność	3		μH
Dobroć	1100 (7 MHz)		
Masa	12	20	kg
Średnica rury	50 x 2	75	mm
Powierzchnia anteny	0,25		m^2
Maks. średn. masztu	76	76	mm

Uwaga: ze względu na silną koncentrację pola elektromagnetycznego w pobliżu anteny należy ograniczyć moc nadawania do 10 W o ile istnieje możliwość zbliżenia się do anteny na odległość mniejszą niż 5 m przez osoby postronne (zakładając, że operator w trakcie nadawania znajduje się w dostatecznej odległości). Sprawa ta jest szczególnie istotna wtedy, gdy anteny są instalowane na balkonach, tarasach lub wewnątrz pomieszczeń.



Fot. 5.9.1. Antena MFJ-1786 (X) ze sterownikiem

Antena MFJ-1786 (X) pokrywa zakres 10 –30 MHz, ma średnicę 91 cm i jest wykonana z rury aluminiowej o średnicy ok. 2,5 cm. Maksymalna dopuszczalna moc nadawania wynosi 150 W. Model MFJ-1788 (X) przy tej samej średnicy pokrywa natomiast zakres 7 – 21 MHz.

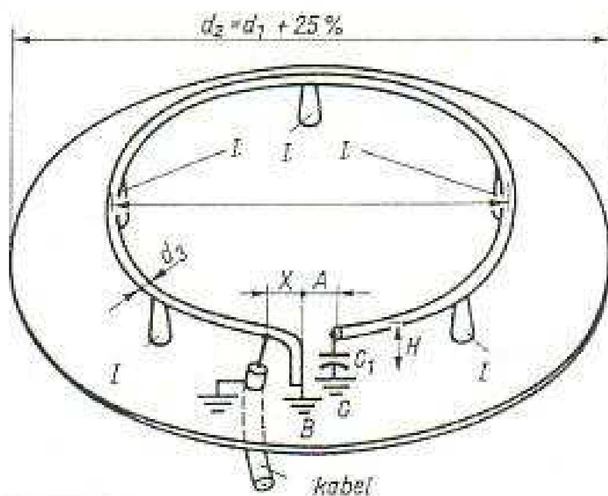
6. Anteny szczelinowe

6.1. Ćwierćfalowe anteny DDRR

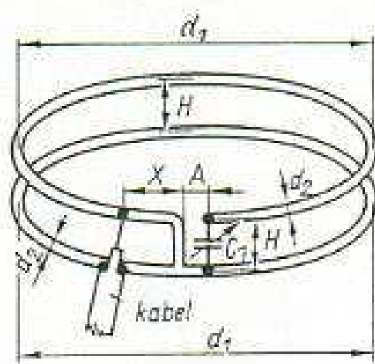
Anteny DDRR (ang. *Directional Discontinuity Ring Radiator*) składają się z niedomkniętego pierścienia ćwierćfalowego umieszczonego nad metalową powierzchnią reflektora na wysokości ok. 0,07 λ. Jeden z końców wibratora jest zwarty z reflektorem, natomiast drugi jest obciążony pojemnościowo. Kondensator (C1 na rysunku) ten służy do dostrojenia anteny do częstotliwości pracy. Kabel zasilający jest dołączony do wibratora w pewnej odległości od zwarcia – w miejscu, w którym występuje dopasowanie do jego oporności falowej (punkt X na rysunku, transformator typu gamma). Anteny DDRR są odmianą anten szczelinowych, w których konstrukcja stanowiąca obrzeże szczeliny jest zwinięta w pierścień. Z samej zasady pracy wynika, że możliwe jest dopasowanie anteny do kabli o dowolnych opornościach falowych, a nie tylko do kabli 50-omowych. Przy założeniu, że obwód pierścienia jest równy ćwierci długości fali jego średnica wynosi 0,078 λ. Średnica reflektora jest co najmniej o 25 % większa (może być nawet 1,5 – 2 razy większa, o ile pozwala na to miejsce lub częstotliwość pracy), a wysokość H jest zbliżona do 0,007 λ. Anteny DDRR charakteryzują się więc stosunkowo niewielkimi rozmiarami i mogą być instalowane w miejscach, w których niemożliwe jest zainstalowanie anten dipolowych lub innych anten pełnowymiarowych. Anteny DDRR są stosowane nie tylko w zakresach krótkofalowych, ale i w zakresach UKF. Pętle o większych rozmiarach muszą być podparte za pomocą izolatorów (oznaczonych na rysunku literą I). Jako reflektor może służyć dach pokryty blachą. Pomimo poziomej pozycji wibratora anteny DDRR promieniują falę o polaryzacji pionowej. Zysk antenowy jest o ok. 2,5 dB niższy od zysku pionowej anteny ćwierćfalowj np. typu Ground Plane. Anteny DDRR mają dookólną charakterystykę promieniowania. Szerokość pasma pracy ćwierćfalowych anten DDRR bez przestrajania nie przekracza 2 %. Oczywiście dostrajanie za pomocą kondensatora C1 pozwala na pokrycie znacznie szerszego zakresu.

Dla otrzymania możliwie wysokiej sprawności anteny należy do jej konstrukcji stosować materiały dobrze przewodzące (miedź, aluminium) oraz izolatory o niskich stratach w zakresie pracy. Średnica prętów lub przewodów, z których wykonana jest antena (d3 na ilustracji 1, d2 – na drugiej) powinna być możliwie duża ponieważ zmniejsza to oporność strat anteny. Oporność promieniowania anteny jest stosunkowo niska (rzędu ułamków oma – np. 0,3 Ω) dlatego też należy zwrócić szczególną uwagę na minimalizację jej oporności strat. Sprawność anteny rośnie też w miarę zwiększania średnicy reflektora. Należy również stosować kondensatory o możliwie małych stratach – najlepiej powietrzne. Ze względu na to, że kondensator znajduje się w miejscu, w którym występuje maksimum napięcia musi on mieć wystarczającą wytrzymałość napięciową.

Zamiast reflektora pełnego można zastosować drugi pierścień o tej samej średnicy co wibrator – jak to widać na następnej ilustracji. Pozostałe wymiary anteny są identyczne jak w przypadku pierwszym. Dla uproszczenia na drugiej ilustracji opuszczono podpórki.



Rys. 6.1.1. Antena z pełnym reflektorem



Rys. 6.1.2. Antena z reflektorem pierścieniowym

W tabeli 6.1.1 podano wymiary anten i przybliżoną wartość pojemności obciążenia dla krótkofalowych pasm amatorskich. Dane te są identyczne dla obu wariantów anteny.

Tabela 6.1.1

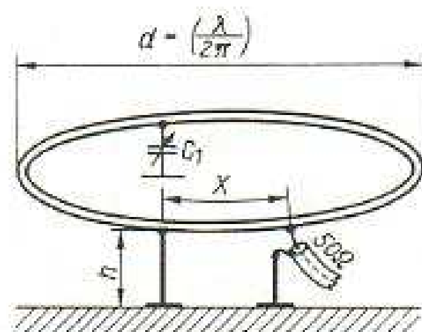
Pasmo amatorskie [m]								
	10	**12**	**15**	**17**	**20**	**30**	**40**	**80**
Obwód pierścienia [m]	2,58	2,95	3,47	4,09	5,19	7,26	10,42	20,14
d1 [m]	0,82	0,94	1,11	1,29	1,65	2,31	3,32	6,41
H [m]	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,21	0,30	0,65
A [m]	0,05	0,05	0,05	0,06	0,08	0,10	0,15	0,30
X [m]	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,80	1,00	2,00
d3 (d2) [mm]	7	8	8,5	9	10	12	14	20
C1 [pF]	25	30	35	40	50	60	75	100

Wartości X i C1 należy traktować jako przybliżone. Dostrojenia anteny za pomocą pojemności C1 należy dokonać przy użyciu grid-dip-metra lub analizatora antenowego po odłączeniu od niej kabla zasilającego. Następnie po podłączeniu kabla zasilającego poszukuje się miejsca, w którym współczynnik fali stojącej osiąga minimum. Miejsce podłączenia kabla pozostaje stałe w trakcie pracy, a antenę dostraja się w miarę potrzeby do częstotliwości roboczej za pomocą kondensatora C1. Kondensator C1 można wykonać we własnym zakresie z płytek z blachy miedzianej przylutowanych do wibratora i reflektora. Przybliżone wymiary płytek oblicza się ze wzoru na pojemność kondensatora płaskiego. Strojenie polega wówczas na odpowiednim przyginaniu płytek w celu ich zbliżenia lub oddalenia od siebie. Orientacyjnie dla anteny na zakres 10 m przy podanych w tabeli wymiarach elektrody kondensatora mają rozmiary 60 x 60 mm.

6.2. Półfalowe anteny DDRR

Przez dwukrotne zwiększenie obwodu pierścienia (ma on wówczas długość połowy fali) uzyskuje się powiększenie oporności promieniowania – a więc zmniejszenie wpływu oporności strat na sprawność anteny – i poszerzenie zakresu pracy bez przestrajania do 10 %. Dodatkowo w wyższych zakresach pracy (np. dla pasma 2 m) wymiary stają się praktyczniejsze do realizacji. Punkt podłączenia kabla 50 Ω leży w przybliżeniu w odległości 0,01 λ od zwarcia, odległość ta nie jest jednak krytyczna i jej powiększenie do 0,02 λ nie daje zauważalnych zmian w dopasowaniu. Odstęp h powinien być również

rzędu 0,01 λ, jego zmiany wywierają wpływ zarówno na oporność wejściową anteny jak i na jej częstotliwość rezonansową.

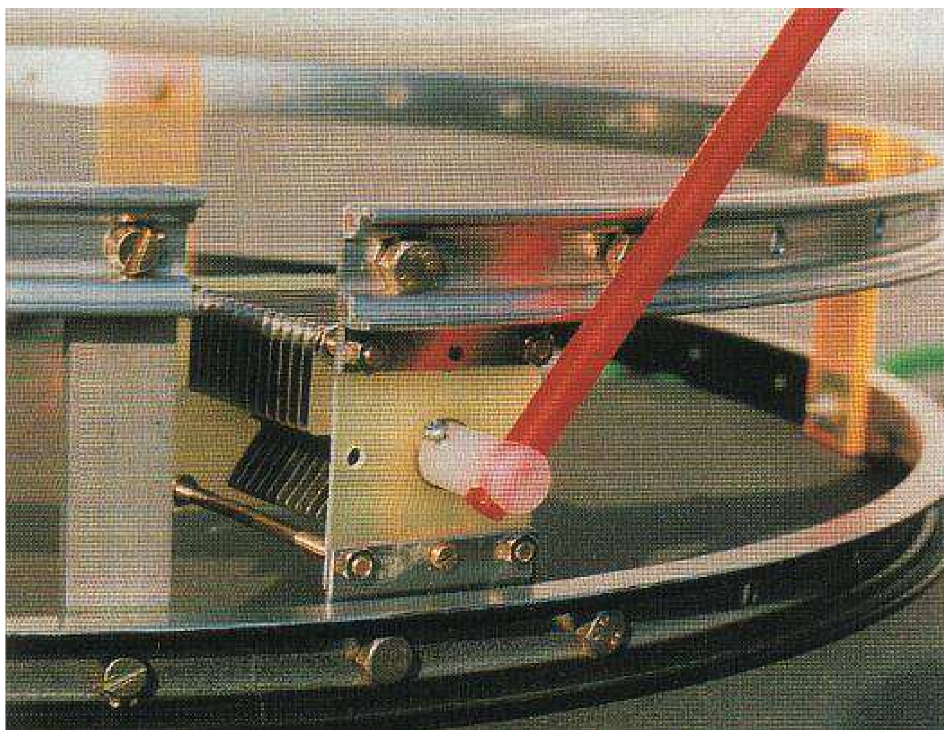


Rys. 6.2.1. Półfalowa antena DDRR

Tabela 6.2.1

Pasmo amatorskie [m]								
	10	**12**	**15**	**17**	**20**	**30**	**40**	**80**
Obwód pierścienia [m]	5,56	6,00	7,08	8,29	10,60	14,80	21,30	41,10
d [m]	1,68	1,92	2,25	2,64	3,38	4,72	6,78	13,00
h [m]	0,53	0,60	0,70	0,83	1,06	1,48	2,13	4,11
X [m]	1,47	1,68	1,98	2,32	2,97	4,15	5,95	11,51

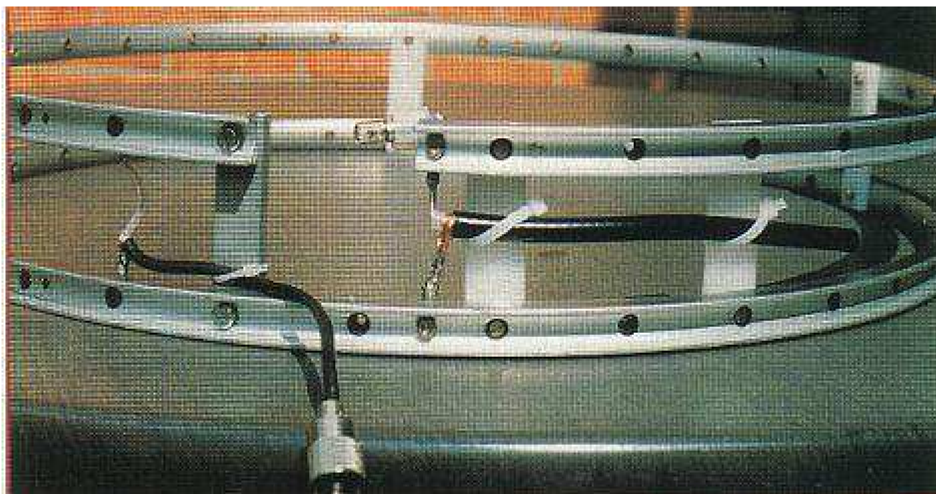
6.3. Antena dla pasm 20 – 10 m wykonana z obręczy rowerowych



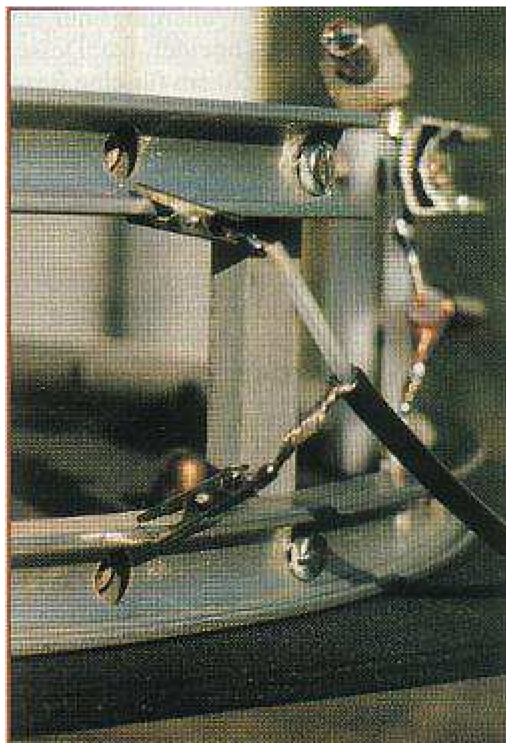
Fot. 6.3.1. Widok anteny z kondensatorem powietrznym

W tym i w następnych punktach przedstawiono anteny wykonane przez DJ3RW z obręczy rowerowych i opisane w numerze 10/1998 miesięcznika "Funk". Pierwsza z nich jest wykonana z obręczy o średnicy

28" i chociaż jest zasadniczo przeznaczona do pracy w paśmie 10 m to jednak można ją także dostroić do pasma 20 m i oczywiście do pasm pośrednich. Dla uzyskania rezonansu w paśmie 10 m wystarczy pojemność ok. 10 pF, natomiast dla pasma 20 m – 97 pF. Autor zastosował kondensator powietrzny o pojemności 8 – 100 pF/2,1 kV. Szerokość pasma dla WFS < 2 wynosi w paśmie 20 m ok. 40 kHz, a w paśmie 10 m – ok. 400 kHz. Konstruując antenę dostrojoną jedynie do wybranego, wąskiego podzakresu można zrezygnować z kondensatora zmiennego i zamiast niego użyć odpowiedniego odcinka kabla koncentrycznego o wystarczającej wytrzymałości napięciowej jak to przedstawiono na następnej ilustracji. Dla kabli 50 Ω pojemność własna wynosi w przybliżeniu 100 pF/m (1 pF/cm). Ostatnia z trzech ilustracji sugeruje użycie miniaturowych krokodylków w trakcie poszukiwania punktu optymalnego dopasowania anteny do kabla zasilającego.



Fot. 6.3.2. Widok anteny z kondensatorem wykonanym z kabla koncentrycznego



Fot. 6.3.3. Podłączenie kabla w trakcie strojenia

6.4. Antena dla pasma 10 m wykonana z obręczy rowerowych

Widoczne poniżej anteny dla pasma 10 m zostały wykonane z obręczy o średnicy 26" i zastosowano w nich kondensator stały wykonany z odcinka kabla koncentrycznego RG-213. Pojemność kabla wynosi w przybliżeniu 1 pF/cm. Długość kabla dla częstotliwości 28,5 MHz wynosi w przybliżeniu 20 cm. Odstęp obręczy wynosi 70 mm. W obręczy reflektora można pozostawić część szprych. Szerokość zakresu pracy zmniejsza się wówczas ze 130 do 110 kHz. Anteny te mogą pracować także w paśmie CB – 27 MHz.



Fot. 6.4.1. Anteny dla pasma 10 m

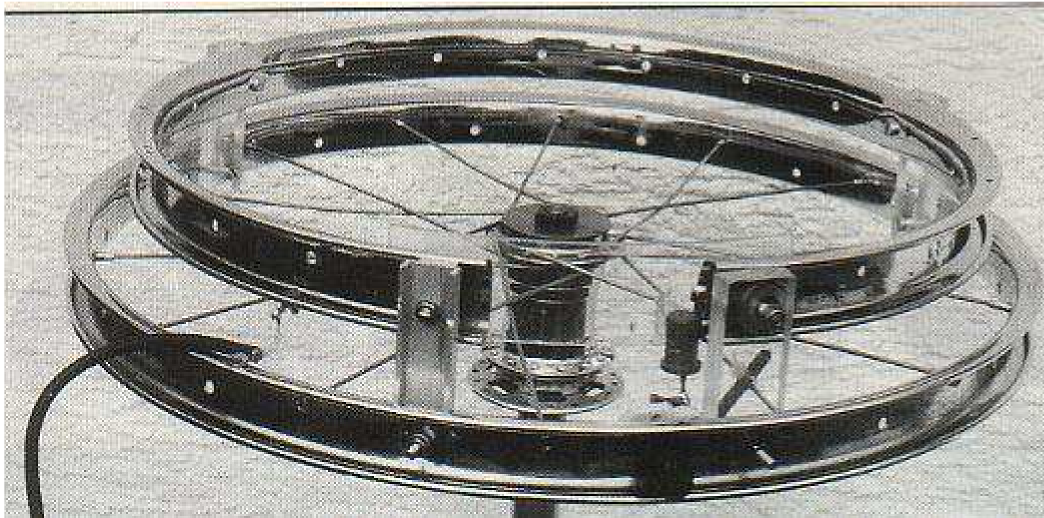


Fot. 6.4.2. Zakończenie kabla stanowiącego kondensator

Dla zwiększenia wytrzymałości napięciowej kondensatora wykonanego z kabla koncentrycznego żyła środkowa w izolacji powinna wystawać poza zakończenie ekranu. Na koniec kabla należy nałożyć koszulkę izolacyjną np. termokurczliwą.

6.5. Antena DDRR na pasmo 6 m wykonana z obręczy rowerowych

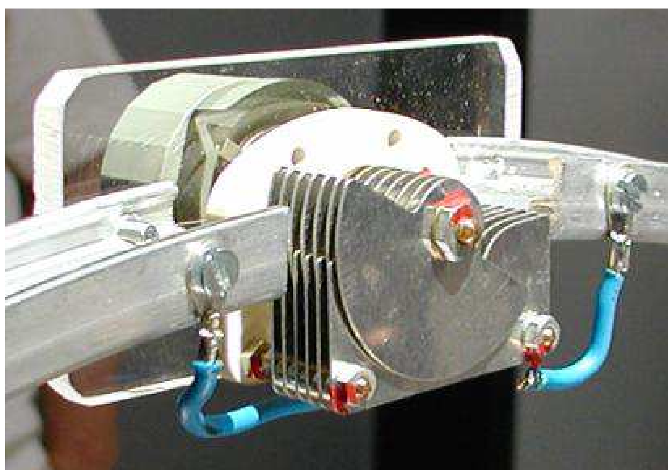
Przykład konstrukcji pochodzi z artykułu DJ3RW ("Funk" 10/1998). Dipol wykonany jest z obręczy 18", a reflektor - z 20", w której pozostawiono szprychy. Kondensator dostrojczy ma pojemność 15 pF. Uzyskiwana szerokość pasma (bez dostrajania) dochodzi do 140 kHz.



Fot. 6.5.1. Antena DDRR na pasmo 6 m

6.6. Szczegóły konstrukcyjne anten wykonanych z obręczy rowerowych

Na zdjęciach poniżej przedstawione są przykłady rozwiązań przydatnych w konstrukcji anten.

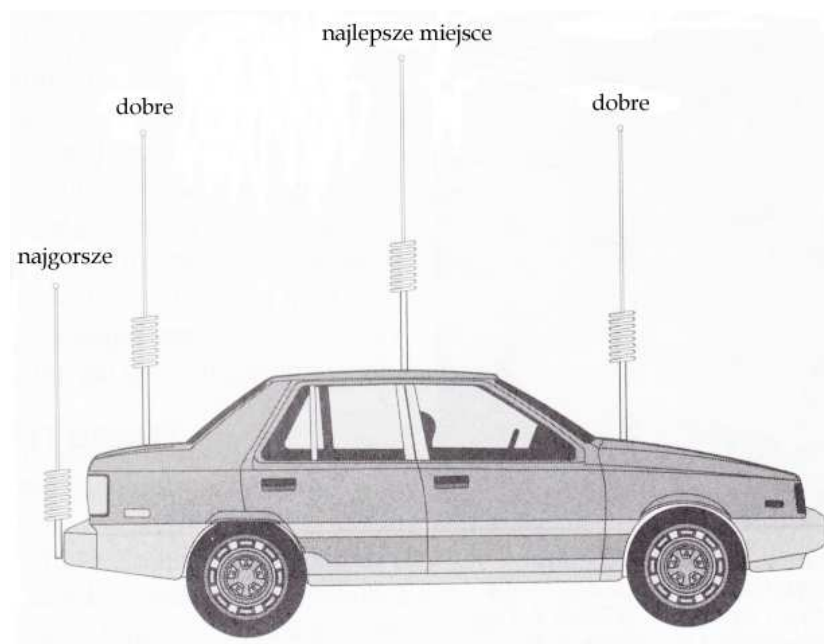




Fot. 6.6.1. Przykład montażu kondensatora w antenie QRP

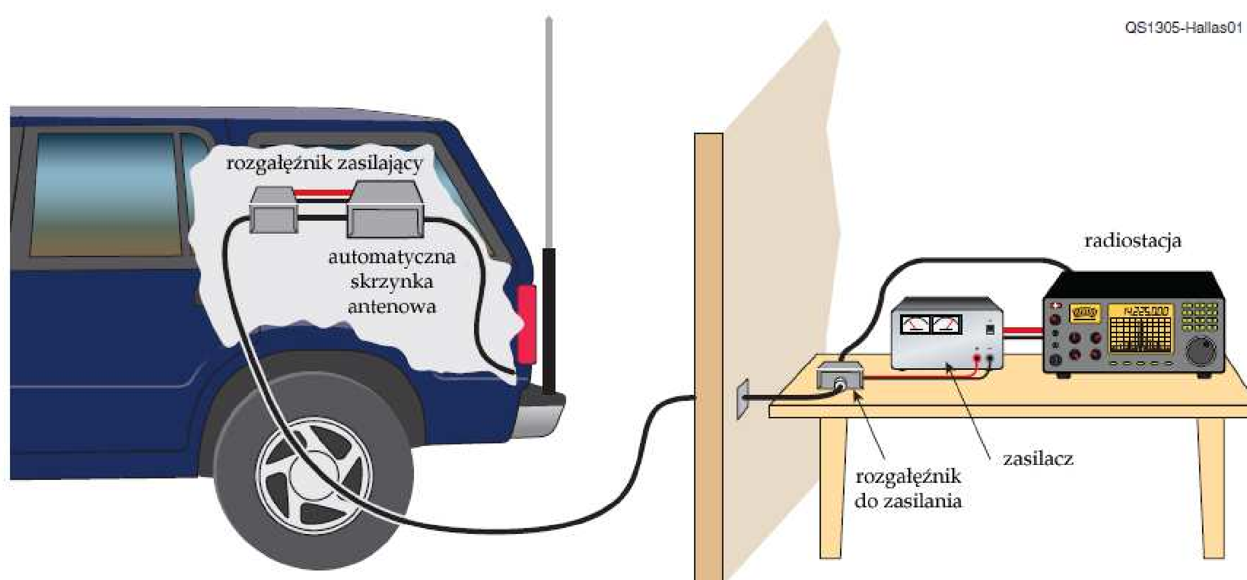
Fot. 6.6.2. Przykład wykonania pętli

7. Anteny samochodowe



Rys. 7.0.1. Miejsca zamocowania anten na samochodach

Przed omówieniem konkretnych rozwiązań, które zresztą nadają się również do umieszczenia ich na balkonach, loggiach, tarasach i w innych podobnych miejscach (konieczne może być wówczas zainstalowanie przeciwwag; w samochodzie rolę tą pełni karoseria) warto zastanowić się nad właściwym miejscem ich montażu. Przydatność poszczególnych miejsc na karoserii samochodu ilustruje rys. 7.0.1.
W praktyce jednak, zależnie od wysokości anteny konieczne bywa pójście na kompromis i umieszczenie anteny w trochę gorszym miejscu.
Na rynku dostępnych jest wiele modeli anten samochodowych ale są one także konstruowane przez krótkofalowców. Wykorzystywane sa także czasem skrócone anteny opracowane początkowo do użytku stacjonarnego, j.np. „Micro Vert".



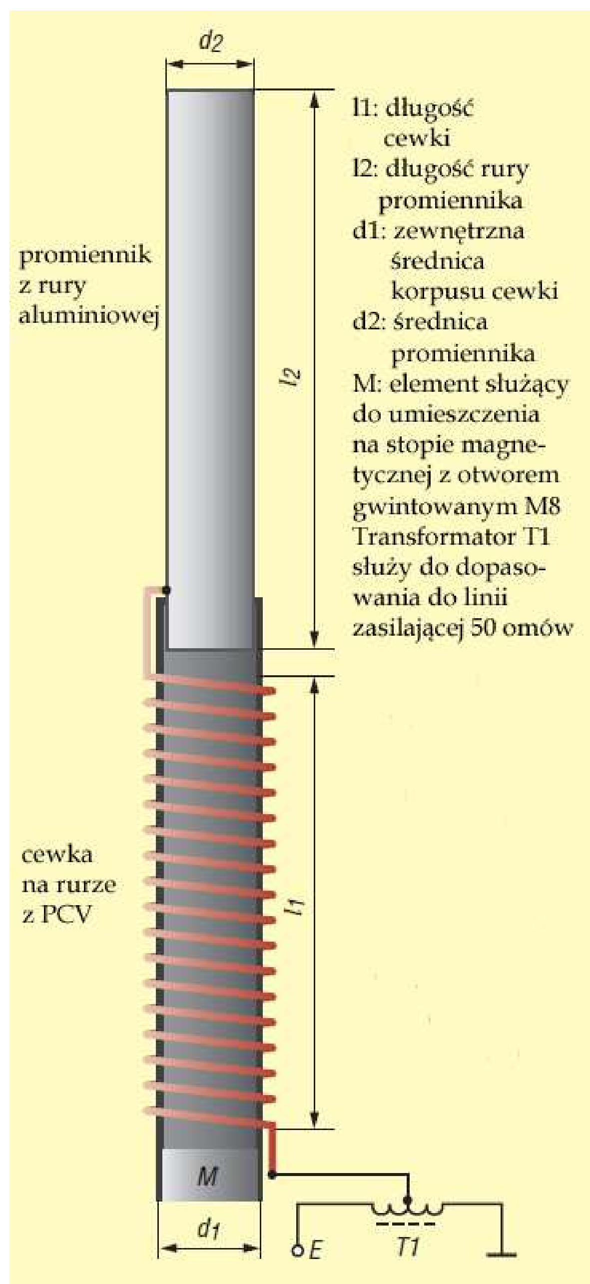
Rys. 7.0.2. Wykorzystanie anteny samochodowej do pracy z domu (źródło QST 7/2013)

7.1. Konstrukcje anten samochodowych

Przedstawione w nr 4/2014 „Funkamateura” anteny samochodowe konstrukcji DL2MHW pn. „Mini-Mob” są przeznaczone do pracy wpasmach 10 – 20 i 40 m.
Anteny „MiniMob” są szeregowym obwodem rezonansowym złożonym z górnej części – promiennika – stanowiącej pojemność obwodu i dolnej, cewki nawiniętej na rurze PCV. Zmierzona przez konstruktora ich sprawność jest według niego porównywalna ze sprawnością anten „Hustler”. Przy montażu na samochodzie za przeciwwagę służy karoseria.
Z pomiarów wykonanych przez konstruktora przy użyciu analizatora FA-NWT01 wynika, że:
– zwiększanie średnicy rurki promiennika daje wzrost skuteczności anteny,
– należy starać się aby pojemność anteny w stosunku do dachu (karoserii) samochodu była możliwie mała tzn. starać się ją umieścić możliwie jak najwyżej nad jego powierzchnią,
– długość promiennika nie powinna być mniejsza od pewnej granicy aby stosunek pojemności anteny do pojemności antena-dach nie wypadł niekorzystnie,
– dla uzyskania większej szerokości pasma należy starać się aby stosunek L/C wypadał możliwie mały.
Idealnym rozwiązaniem, do którego należy dążyć jest antena możliwie długa, gruba i umieszczona jak najwyżej nad dachem samochodu. W praktyce każde z rozwiązań stanowi pewien kompromis między nakładem materiałowym i uzyskiwanymi parametrami.
Impedancja wejściowa anteny wynosi w przybliżeniu 8 – 9 Ω dlatego też do jej dopasowania do linii zasilającej 50-omowej zastosowano symetryzator o przekładni 1:6. Symetryzator nawinięty na rdzeniu FT140-43 składa się z 5 zwojów licy 2 x 2,5 mm^2 z odczepem po drugim zwoju.

Tabela 7.1.1. Wymiary i parametry anten „Mini-Mob”

Pasmo	Typ anteny	Promiennik		Cewka			
		l2 [mm]	d2 [mm]	l1 [mm]	d1 [mm]	Liczba zwoi	Przewód [mm]
20 m	mini, dawny typ	330	22	60	20	51	1,0 Cuem
20 m	mini, krótka	360	22	235	25	75	1,5 Cuem
20 m	mini, normalna	530	22	260	25	61	1,5 Cuem
20 m	mini, super	560	28,5	330	32	56	2,0 CuAg
20 m	puszkowa	880	65	100	25	32	1,2 Cu/PCV
40 m	mini, dawny typ	580	22	150	20	134	1,0 Cuem
40 m	mini, nowa	730	22	350	32	114	1,5 Cuem
40 m	mini, super	760	34	350	32	105	1,5 Cuem

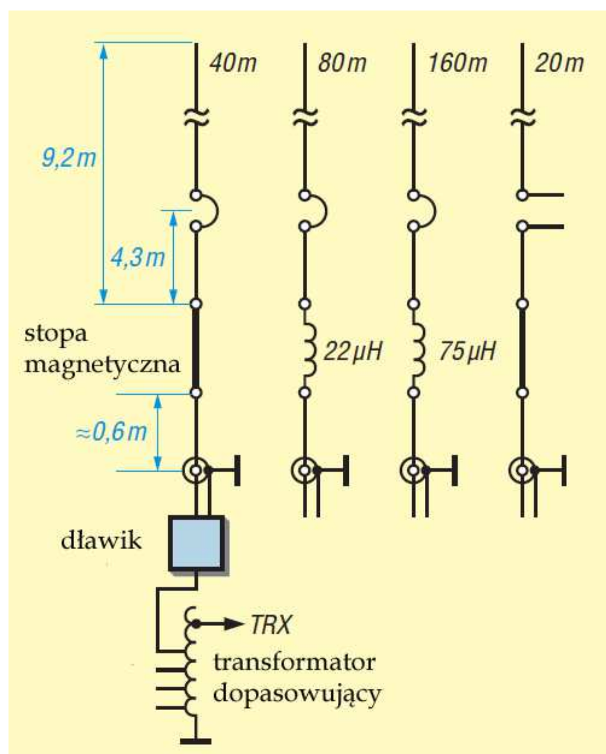


Rys. 7.1.1. Wymiary i konstrukcja anteny



Fot. 7.1.2. Seria anten „Mini-Mob". Po lewej stronie anteny dla pasm 10 do 17 m, po prawej trzy wykonania dla pasma 40 m i na środku antena dla pasma 20 m

7.2. Antena samochodowa do pracy na postoju

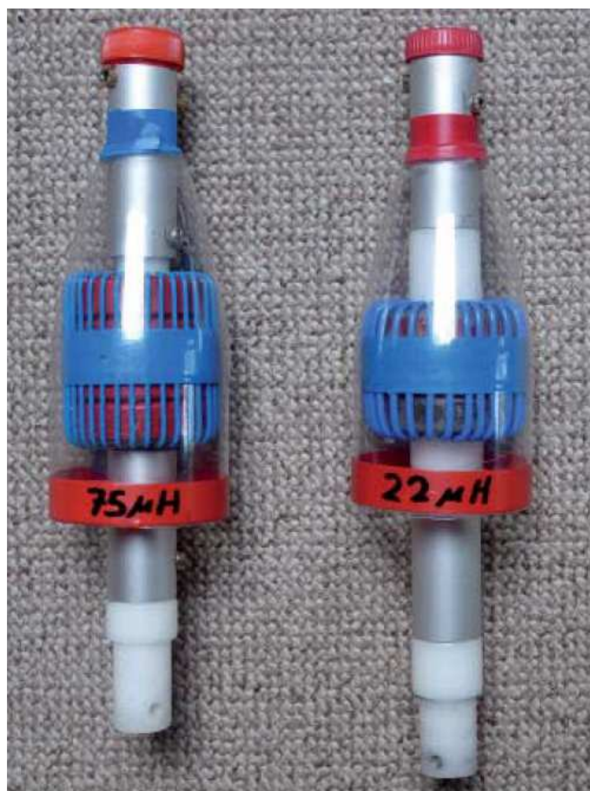


Rys. 7.2.1. Zasada konstrukcji anteny wielopasmowej

Antena składa się z teleskopowego masztu z tworzywa sztucznego z dodatkowym elementem przedłużającym, na którym zawieszona jest linka antenowa ze zworka na wysokości ok. 4,3 m. Dolny koniec linki jest doprowadzony do stopy magnetycznej znajdującej się na dachu samochodu. W zależności od zakresu pracy na stopie tej montowane są cewki przedłużające.



Fot. 7.2.2. Stopa magnetyczna. Widoczna na zdjeciu antena teleskopowa służy do precyzyjnego dostrojenia anteny na niższych pasmach. Antena pokrywa całkowicie pasma wyższe 40 i 20 m z WFS poniżej 1,5 i nie wymaga w nich dostrajania



Fot. 7.2.3. Cewki przedłużające dla pasm 80 i 160 m

Transformator dopasowujący jest nawinięty na rdzeniu 4C6 i składa się z 13 zwojów z odczepem dla podłączenia nadajnika na 10 zwoju. Odczepy dla podłączenia anteny znajdują się na zwojach 6 – 12.



Cewka przedłużająca dla pasma 80 m ma indukcyjność 22 μH i jest nawinięta na trzech rdzeniach proszkowych T200-2 (czerwonych). Uzwojenie wykonane posrebrzaną licą miedzianą o przekroju 1,5 mm^2 w izolacji teflonowej składa się z 25 zwojów.

Cewka dla pasma 160 m ma indukcyjność 75 μH i zawiera 41 zwojów nawiniętych na czterech takich samych rdzeniach proszkowych podobną licą o przekroju 0,75 mm^2.

Cewki nałożono na rurki plastikowe przedłużone na obu końcach rurkami aluminiowymi.

Opis konstrukcji pochodzi z nru 8/2014 „Funkamateura”.

Fot. 7.2.4. Widok ogólny anteny. Antena sama w sobie jest wprawdzie dobrze widoczna i trudno ją ukryć ale „ucieczka” w plener jest dobrym sposobem na uniknięcie sąsiedzkich problemów i dodatkowo także lokalnych zakłóceń

7.3. Fabrycznie produkowane anteny samochodowe i plenerowe

Podobnie jak w innych rozdziałach poświęconych konstrukcjom fabrycznym autor nie stawiał sobie za cel zaprzezentowanie pełnej i aktualnej oferty rynkowej, a jedynie wybranie niektórych przykładowych konstrukcji, co może ułatwić użytkownikom orientację w osiąganych parametrach bądź stanowić inspirację dla własnych opracowań.

7.3.1. Antena „Little Tarheel II”





Fot. 7.3.1. Antena zamontowana na samochodzie Fot. 7.3.2. Antena zamaskowana w ogródku



Antena o długości 1,37 m pracuje w zakresie 3,5 – 54 MHz przy dopuszczalnych mocach 200 W PEP. Jej dolna część ma średnicę 40 mm i długość 40 cm, a znajdujący się powyżej stalowy pręt – długość ok. 80 cm. Dodatkowo dostępny jest też promiennik o długości 1,5 m co daje zyski ok. 3 dB w paśmie 40 m i około 5 dB w paśmie 80 m w stosunku do standardowego. Zakres pracy tego wydłużonego promiennika wynosi 3,4 – 30 MHz. Typowa wartość WFS podawana przez producenta nie przekracza 1,5, a masa anteny jest równa 0,9 kg. Oprócz nej dostępne są także inne modele pokrywające zakres KF lub także i pasmo 6 m o maksymalnych dopuszczalnych mocach nadawania dochodzących do 1,5 kW.

7.3.2. Antena ATX-1080

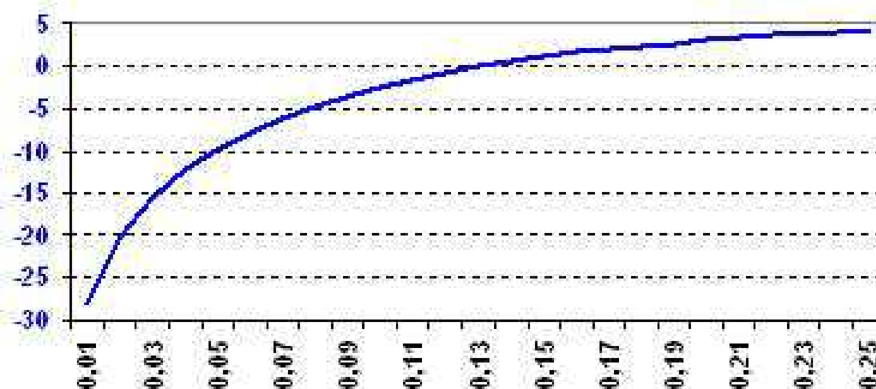
Konstrukcja wielopasmowej anteny ATX-1080 jest oparta o znane od dłuższego czasu rozwiązanie anten „Outbacker”, w których w zależności od pasma nadawania część długości jest zwierana za pomocą przewodu wtykanego do znajdujących się z boku gniazdek. Wierzchołek anteny jest wysuwany teleskopowo dla jej dostrojenia do częstotliwości pracy. Na czas transportu antena ma długość 32 cm, a w stanie roboczym 1,6 m. Maksymalna dopuszczalna moc nadawania wynosi 25 W.

Fot. 7.3.3. Antena z wtykiem BNC u dołu. Dostępne są także anteny z wtykiem PL

8. Anteny typu T

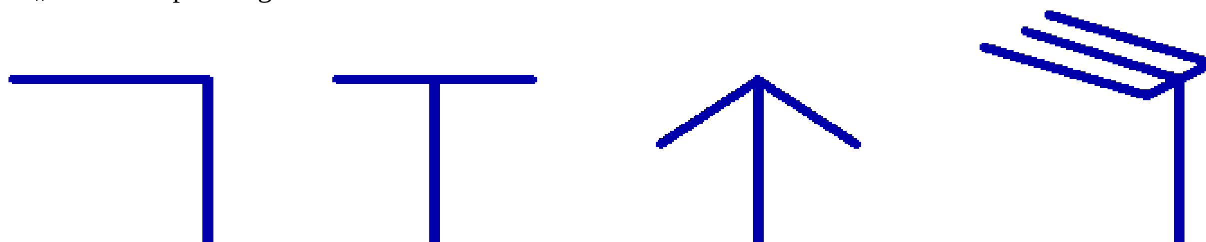
8.1. Budowa

W sytuacji gdy warunki zewnętrzne uniemożliwiają lub utrudniają zainstalowanie pełnowymiarowej anteny pionowej (anteny ćwierćfalowej) lub poziomej (dipola półfalowego) wyjściem z kłopotów może być korzystanie ze skróconej anteny pionowej obciążonej pojemnościowo przez element poziomy. Dobierając odpowiednio długości części poziomej i pionowej można stosunkowo dobrze wykorzystać będące do dyspozycji miejsce. Antenę pionową można wprawdzie przedłużyć elektrycznie za pomocą cewki ale po pierwsze straty w cewce obniżają znacznie sprawność anteny, a po drugie cewki montowane u dołu zastępują część anteny, w której płynie największy prąd w.cz., a więc część najbardziej promieniującą co dodatkowo przyczynia się do obniżenia skuteczności takiego rozwiązania. Obciążenie pojemnościowe natomiast przyczynia się właśnie do zwiększenia prądu w części promieniującej anteny. Planując konstrukcję anteny pionowej obciążonej pojemnościowo u góry należy zwrócić uwagę na to, aby odcinek pionowy był możliwie najdłuższy. Oporność promieniowania anteny, a co za tym idzie jej sprawność rośnie w miarę powiększania się stosunku długości (wysokości) elementu pionowego do długości fali. Zależność tą ilustruje rys. 8.1.1.



Rys. 8.1.1. Zależność zysku anteny pionowej w odniesieniu do anteny izotropowej od jej długości w stosunku do promieniowanej fali. Oś pionowa dBi, pozioma – h/λ

Ze względów oczywistych anteny typu są stosowane przez krótkofalowców na falach długich i średnich ale w wielu przypadkach wygodne może być ich użycie również na falach krótkich i to nie tylko w paśmie 160 m ale także i w wyższych – szczególnie w warunkach polowych lub przy braku miejsca. Wykorzystanie anten typu T na falach długich i średnich oraz związaną z tym teorię omówiono w tomie 18 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”.

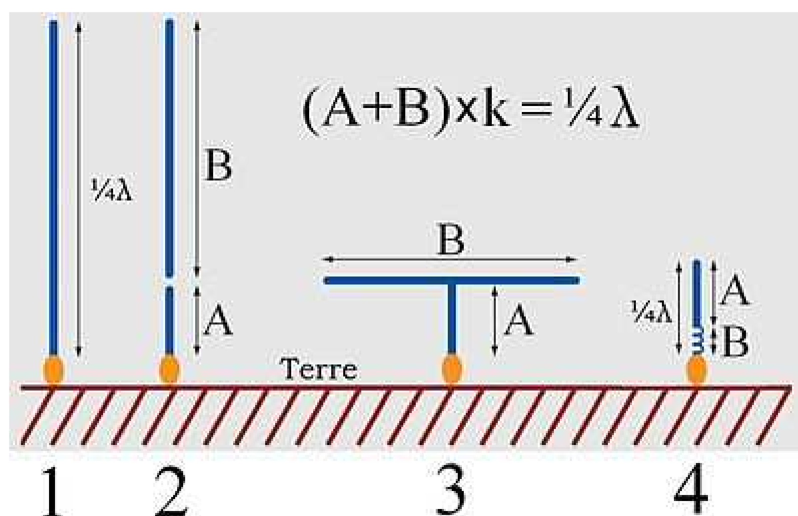


Rys. 8.1.2. Rozmaite typy anten obciążonych pojemnościowo. Od lewej kolejno antena odwrócone L, antena T, antena parasolowa, antena T obciążona pojemnościowo kilkoma równoległymi przewodami

Jak wynika z rys. 8.1.2 określenie anteny typu T jest pewnego rodzaju skrótem myślowym ponieważ w rzeczywistości konstrukcje mogą wyglądać nieco inaczej. Ich ogólna zasada – dodanie do anteny pionowej elementu poziomego zapewniającego dodatkową pojemność w stosunku do ziemi pozostaje niezmienna. Konstrukcje elementu pojemnościowego mogą mieć zresztą i inne kształty – dokładniej przedstawione w tomie 18 „Biblioteki”.

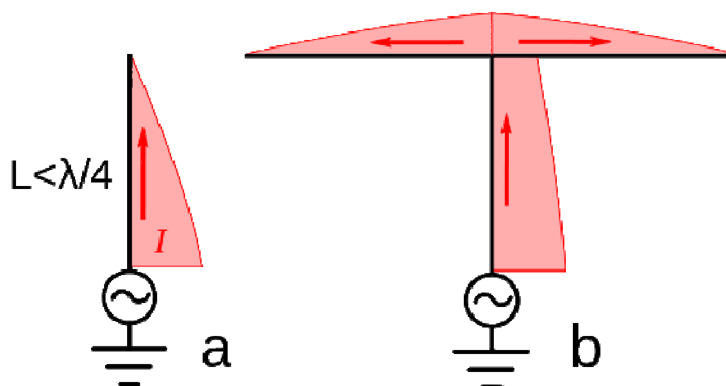
Dla części pionowej anteny T przyjmuje się orientacyjnie pojemność ok. 6 pF/m długości, dla pojedyńczego przewodu poziomego – ok. 5 pF/m, natomiast dla kilku przewodów poziomych zawieszonych równolegle – ok. 15 pF/m. Te orientacyjne wartości stanowią dobre przybliżenie do obliczania cewek przedłużających w sytuacjach kiedy nie można tego uniknąć.
Charakterystyki kierunkowe krótkich anten obciążonych pojemnościowo odpowiadają charakterystykom anten pionowych nawet wtedy, gdy długość elementów poziomych znacznie przekracza długość elementu pionowego: w płaszczyźnie poziomej charakterystyka jest dookólna, a pionowej zbliżona do kosinusoidy z maksimum nachylonym w stosunku do horyzontu, a minimum w kierunku zenitu. Kąt promieniowania anten T jest korzystny dla łączności na średnie i długie dystanse. Jak każda antena pionowa również antena T wymaga dobrego uziemienia albo przeciwwag.

8.1.1. Zasada konstrukcji anteny T



Rys. 8.1.3. Przekształcenie pionowej anteny ćwierćfalowej w antenę T

Konstrukcja anteny typu T powstaje dzięki zastąpieniu pionowego dipola ćwierćfalowego przez pionowy dipol krótki (o wymiarach mniejszych od ¼ λ) obciążony pojemnościowo u góry. Na ilustracji 8.1.3 pod numerem 1 przedstawiony jest wyjściowy dipol ćwierćfalowy. Pod numerem 2 widoczny jest jego podział na dwa odcinki: krótki odcinek pionowy (dopuszczalne A ≤ 0,1 λ) i pozostały B – uzupełniający do długości ¼ λ. Pod numerem 3 przedstawiono funkcję odcinka B jako obciążenia pojemnościowego krótkiego dipola, a pod nr 4 – dla porównania konstrukcję równoważną, w której obciążenie pojemnościowe zostało zastąpione przez cewkę przedłużającą.



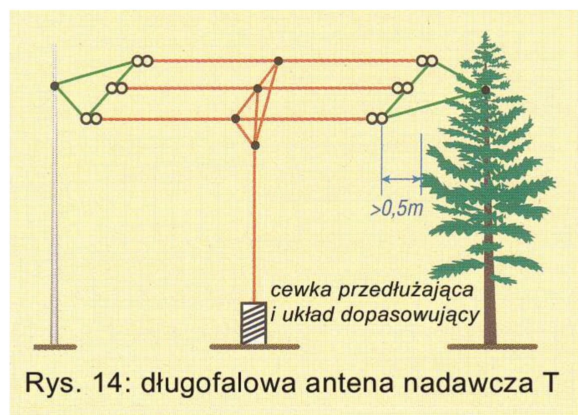
Rys. 8.1.4. Rozkład prądów w antenie T. Przeciwne kierunki prądów w obu ramionach poziomych powodują kompensowanie się promieniowanej przez nie fali. Jedynym skutecznie promieniującym elementem jest element pionowy; a – krótka antena pionowa, b – ta sama antena obciążona pojemnościowo. Średnie natężenie prąd płynącego w elemencie pionowym wzrasta

Współczynnik skrócenia K leży w zakresie 0,7 – 0,8. Ramiona odcinka B powinny być umocowane poziomo a nie ukośnie gdyż przy montażu ukośnym zmniejsza się obciążenie pojemnościowe, a ponadto wzrasta jego sprzężenie z pobliskimi obiektami co powoduje wzrost strat w otoczeniu.
Dla powiększenia pojemności obciążenia można zamiast pojedyńczego przewodu B użyć większej liczby przewodów. Ich wpływ na wypadkową pojemność jest zależny od wysokości rozwieszenia anteny i grubości przewodów ale przykładowo dla wysokości anteny 10 m i przewodu o średnicy 1 mm można przy odległości między przewodami wynoszącej 10 cm oczekiwać wzrostu pojemności o 29 % a przy odstępie 1 m – o 68%. W przypadku anten ćwierćfalowych (w warunkach amatorskich sytuacja taka może wystąpić przykładowo w paśmie 160 lub 80 m, a tym bardziej na wyższych pasmach) pozwala to na skrócenie odcinka B.
Ponieważ oporność promieniowania (R_R we wzorze poniżej) zależy od wysokości zawieszenia anteny co w praktyce wiąże się z długością odcinka pionowego należy dążyć do tego aby był on możliwie najdłuższy – w danych warunkach:

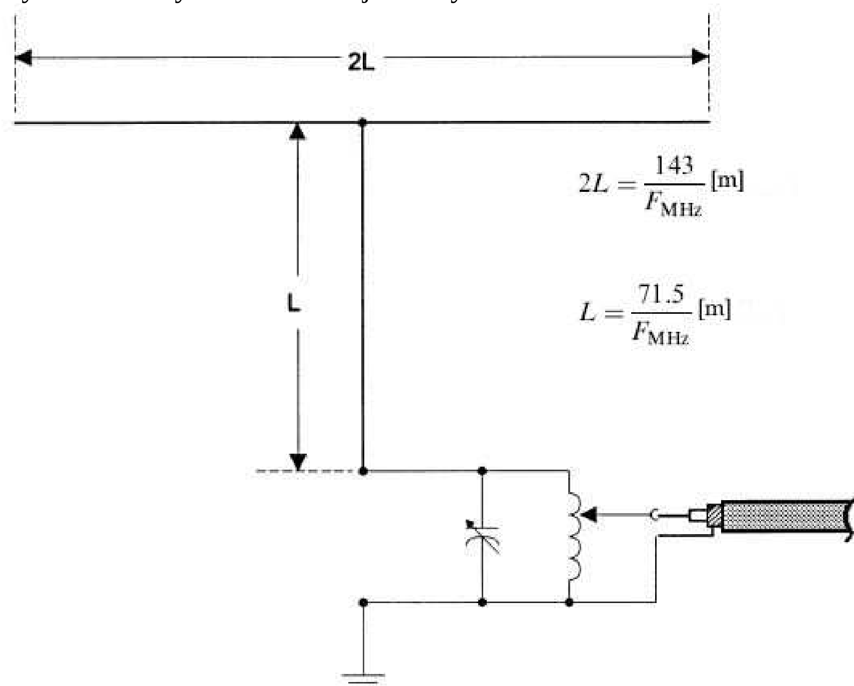
$$R_R = 80\pi^2 \left(\frac{L}{\lambda}\right)^2$$

L – wysokość zawieszenia anteny T, λ – dlugość fali.

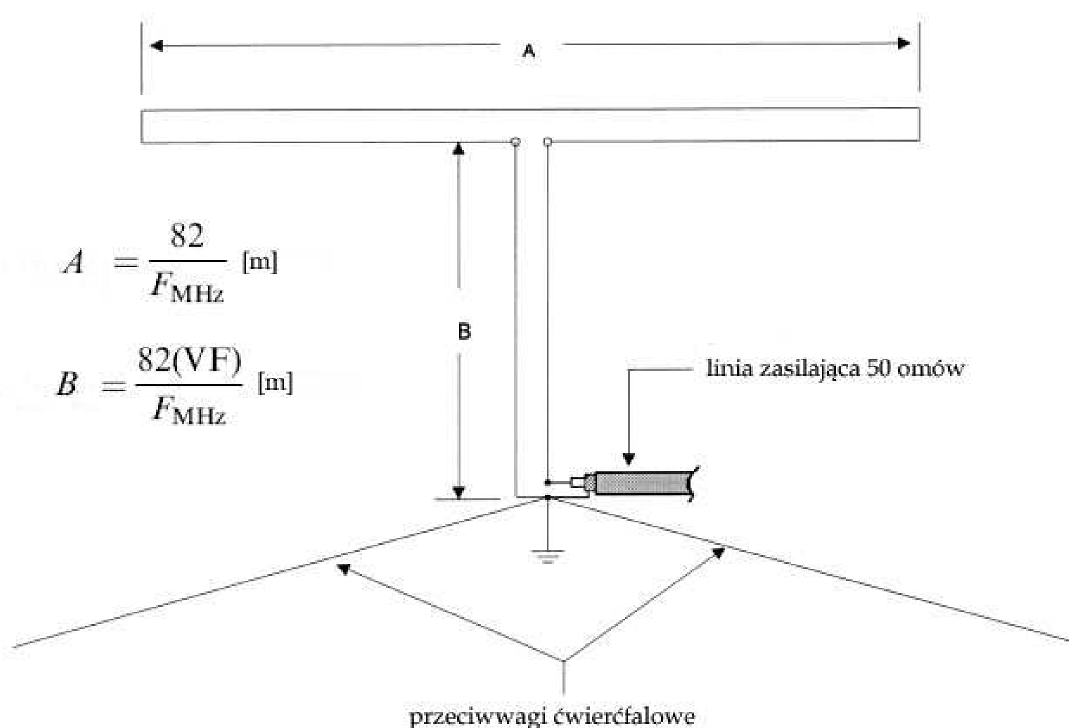
Przykładowy sposób konstrukcji anteny T przedstawiono na ilustracji 8.1.5 (jej podpis i numeracja zostały wzięte z opr. [6]). Część pionową anteny może stanowić zwykły przewód lub w przypadku wykorzystania anteny na wyższe pasma do pracy na pasmach niższych koncentryczny kabel zasilający, w którym ekran i żyła środkowa zostały u dołu zwarte ze sobą. Podobnie wygląda sprawa dla symetrycznych linii zasilających.
Cewka przedłużająca może być niezbędna głównie dla anten na pasmo 160 m lub anten znacznie skróconych. Część pionowa może być także podłączona do jednego z końców anteny – powstaje wówczas antena typu odwrócone L.



Rys. 8.1.5. Przykład konstrukcji anteny T

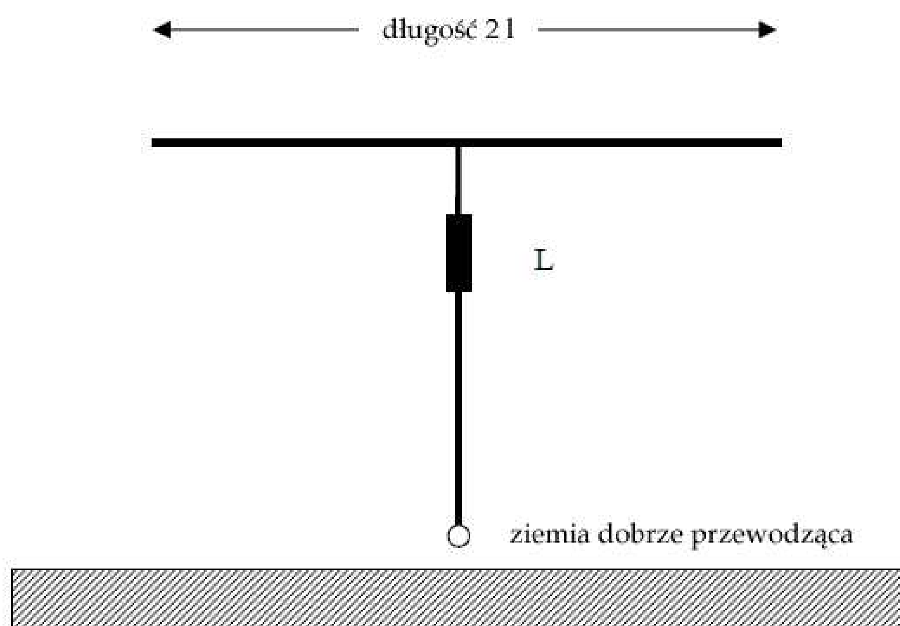


Rys. 8.1.6. Wymiary półfalowej anteny typu T



Rys. 8.1.7. Pętlowa antena typu T

8.1.2. Antena T na pasmo 160 m



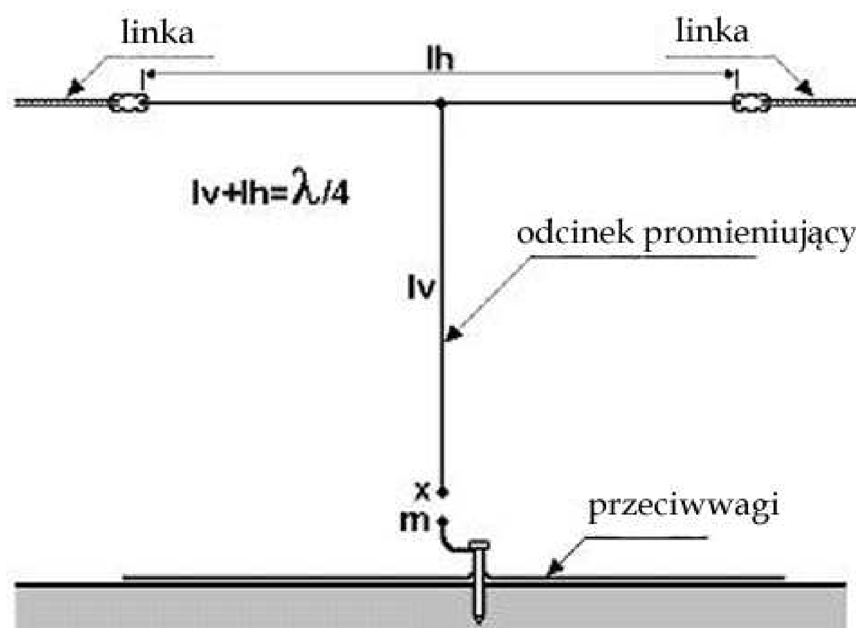
Rys. 8.1.8. Antena na 160 m

Antena o długości 2 x 8,47 m i wysokości części pionowej 12,75 m jest zawieszona nad dobrze przewodzącym gruntem. W razie potrzeby korzystne jest ułożenie na lub tuż pod powierzchnią ziemi przynajmniej kilku przeciwwag – możliwie najdłuższych w danych warunkach lub w ostateczności wbicie w ziemię rury uziemiającej o długości co najmniej 5 m i średnicy 1,5 cala lub zbliżonej.
Cewka L ma indukcyjność 42 µH i dobroć 300.

Tabela 8.1.1. Zmierzone przez autora opr. [4] impedancje wejściowe anteny wykonanej z przewodu o średnicy 2 mm wynoszą:

Częstotliwość [MHz]	Impedancja wejściowa [Ω]	Kąt promieniowania [°]	Polaryzacja
1,810	10 – j70	25	pionowa
1,840	11 – j49	25	pionowa
1,860	11 – j33	25	pionowa
1,880	11 – j17	25	pionowa
1,900	12 + j0	25	pionowa
1,920	12 + j12	25	pionowa
1,950	13 + j35	25	pionowa

8.1.3. Antena T na pasma 160 – 40 m

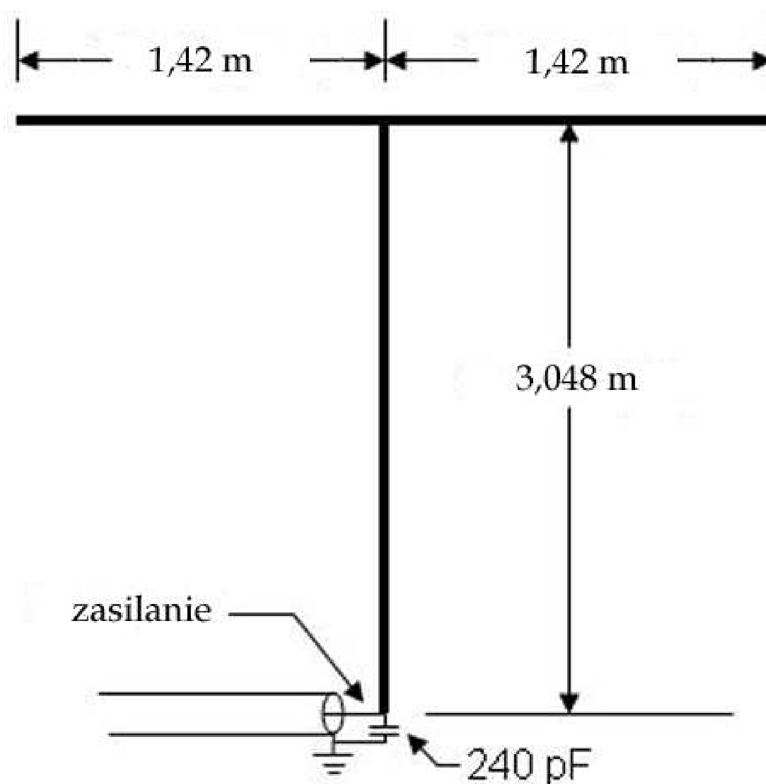


Rys. 8.1.9. Antena T na niższe pasma amatorskie

Tabela 8.1.2.
Wymiary

Pasmo [m]	Odcinek poziomy [m]	Odcinek pionowy [m]
160	2 x 23	12
80	2 x 7	10
40	2 x 3	6

8.1.4. Antena T na pasmo 20 m



Rys. 8.1.9. Antena T na pasmo 20 m

Dla anteny AA5TB [5] wykonanej z przewodu 0,65 mm w izolacji teflonowej obliczona impedancja wejściowa anteny wynosiła 24,3 + j6,2 Ω dla częstotliwości 14,050 MHz, a wyniki pomiarów były bardzo zbliżone do tej wartości. W celu dopasowania anteny do linii 50-omowej użyty został kondensator o pojemności 240 pF. W skład systemu wchodziło też 9 przeciwwag o długości 3 m. Kąt maksimum promieniowania wynosił ok. 30°, a zysk antenowy ok.0 dBd.



Fot. 8.1.10. Konstrukcja przeciwwag

9. Anteny UKF

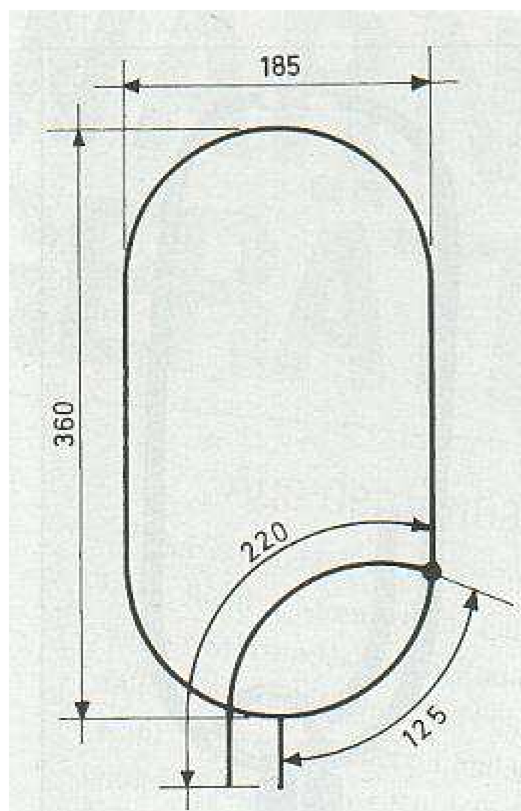
Mniejsze rozmiary anten UKF-owych oznaczają, że sprawa ich ukrycia staje się mniej krytyczna, aniżeli na falach krótkich. Niemniej jednak w niektórych sytuacjach konieczne może być ich zakamuflowanie i wtedy być może przydadzą się niektóre z opisanych dalej konstrukcji.

9.1. Antena magnetyczna dla pasm 2 m i 70 cm

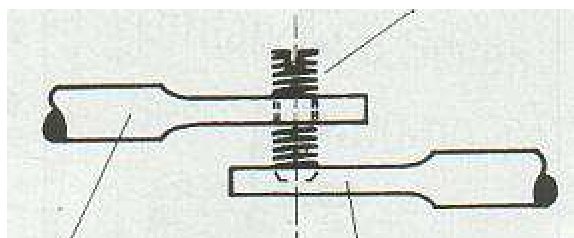
Antena wykonana z rurki miedzianej o średnicy 6 mm pracuje w paśmie 2 m jako pętlowa antena magnetyczna przestrajana w zakresie 90 – 170 MHz. Jednocześnie jej pętla dopasowująca służy jako przedłużony (obciążony pojemnościowo) dipol ćwierćfalowy dla zakresu 400 – 450 MHz. Szerokość pasma w dolnym zakresie wynosi 4 MHz, a osiągany współczynnik fali stojącej (WFS) nie przekracza wartości 1,2 – 1,5. W górnym zakresie szerokość pasma wynosi 15 MHz przy WFS nie przekraczającym 1,5. Antena jest dostosowana do pracy z mocami do 30 W, może być więc podłączona do radiostacji przenośnych jak to przedstawiono na fotografii lub do radiostacji domowych po odpowiednim ograniczeniu mocy wyjściowej.
Rurka, z której wykonano antenę jest spłaszczona na końcach (najlepiej zrobić to w imadle) i spłaszczenia te tworzą kondensator dostrajający. Do zmiany odstępu okładek kondensatora użyto śruby M4 wykonanej z materiału o dobrych właściwościach izolacyjnych – najlepiej z teflonu lub pleksiglasu. Jeden z końców rurki musi być nagwintowany. Zamiast gwintowania można przylutować do niego nakrętkę M4. Sposób wykonania kondensatora przedstawiono na ilustracji poniżej. Zakres zmian pojemności wynosi 1 – 5 pF.
Autor konstrukcji DJ3UGA podaje ("Funk" 6/1999) następujące jej parametry:

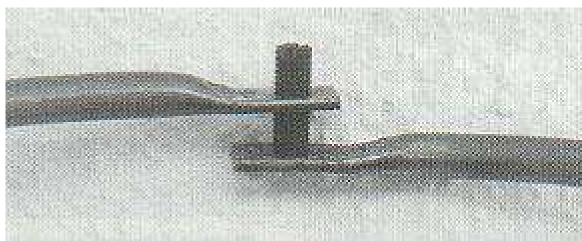
- dobroć anteny – 36,
- oporność strat – 14 Ω,
- oprność promieniowania – powyżej 5 Ω,
- sprawność powyżej 36 %.

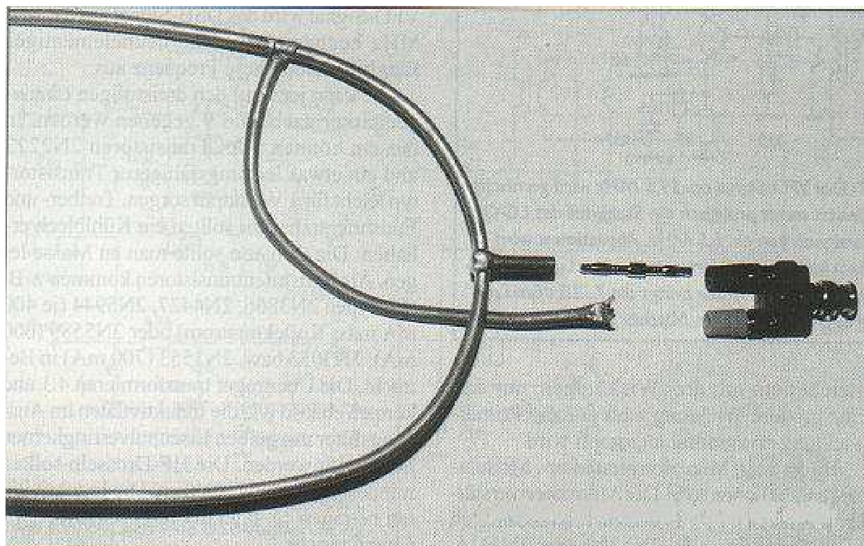
Antena jest podłączana do kabla lub radiostacji za pomocą przejściówki BNC/wtyki bananowe.

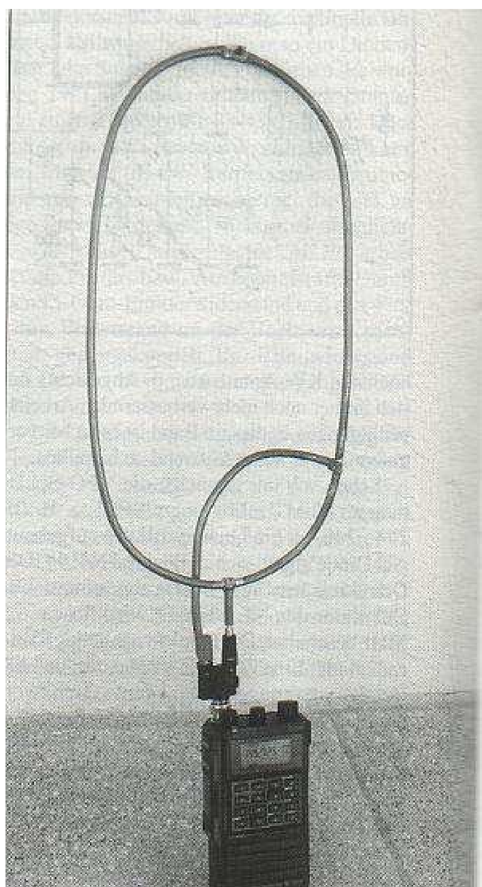


Rys. 9.1.1. Wymiary anteny


Rys. 9.1.2. Wykonanie kondensatora

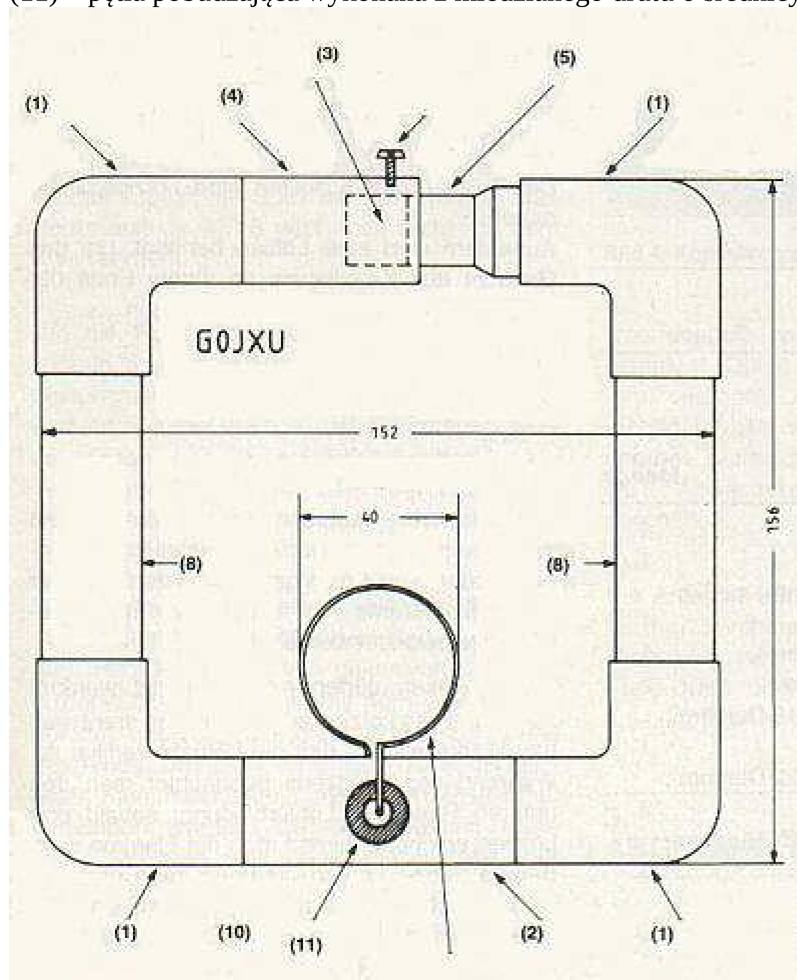

Fot. 9.1.3. Widok kondensatora


Fot. 9.1.4. Połączenie z przejściówką


Fot. 9.1.5. Widok anteny umieszczonej na radiostacji ręcznej

9.2. Antena magnetyczna wykonana z rurek od instalacji wodnych

Antena magnetyczna G0JXU ("UKW Berichte" 2/1990) wykonana jest ze standardowych rur miedzianych i elementów stosowanych w instalacjach wodnych. Są to kolejno wg numeracji na rysunku konstrukcyjnym:
(1) – kolanka 22 mm,
(2) – trójnik 22 mm, do którego doprowadzone jest zasilanie i przymocowana pętla pobudzająca (11) przez gumowy przepust (10);
(3), (4) i (5) – prosty łącznik i reduktor (22/15 mm) wraz z wkręconą śrubą stanowią pojemność obwodu, odcinek o mniejszej średnicy (15 mm) należy skrócić w razie potrzeby;
(6) – odcinek rurki o średnicy 15 mm i długości 27 mm,
(7) – odcinek rurki o średnicy 22 mm i długości 36 mm,
(8) – proste odcinki o średnicy 22 mm i długości 102 mm,
(9) - plastikowy łącznik o średnicy 22 mm izolujący antenę od masztu, na którym jest zamocowana,
(10) – gumowy przepust,
(11) – pętla pobudzająca wykonana z miedzianego drutu o średnicy 1,5 – 2 mm (ew. emaliowanego).



Rys. 9.2.1. Wymiary anteny

Przy zachowaniu przedstawionych na rysunku wymiarów konstruktor uzyskał częstotliwość środkową 144,3 MHz i szerokość pasma ok. 200 kHz (WFS < 1,5). W celu obniżenia strat i zarazem zwiększenia dobroci obwodu zastosowano rurki o stosunkowo znacznej grubości i średnicy 22 mm. Jednocześnie taka solidna konstrukcja zapewnia odporność anteny na wstrząsy co pozwala na użycie jej nie tylko jako anteny stacjonarnej ale i jako samochodowej.
Rurki są zlutowane ze sobą w miejscach połączeń. W przypadku gdy antena jest przeznaczona do pracy na zewnątrz należy zabezpieczyć ją przed dostawaniem się wody do szpary kondensatora np. Nakładając w tym miejscu rurkę lub inną osłonę plastikową.

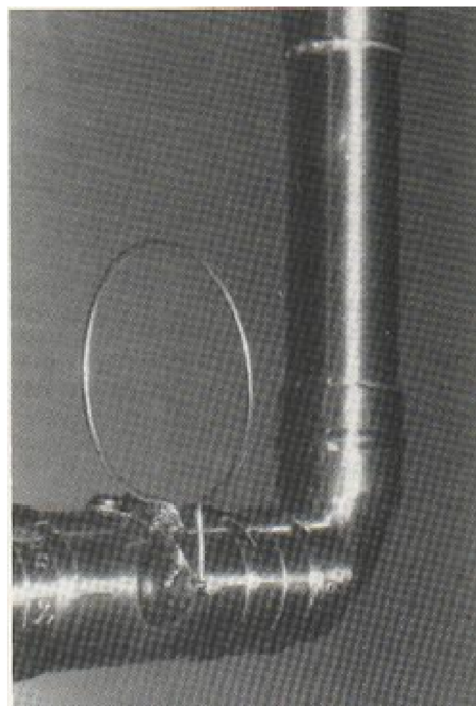
Dostrojenia anteny dokonuje się wkręcając śrubę dostrojczą, a w miarę potrzeby także lekko ją zginając lub rozginając w celu zmiany długości kondensatora.



Fot. 9.2.2. Widok anteny w położeniu poziomym – promieniowana jest fala o tej samej polaryzacji



Fot. 9.2.3. Widok od strony pojemności



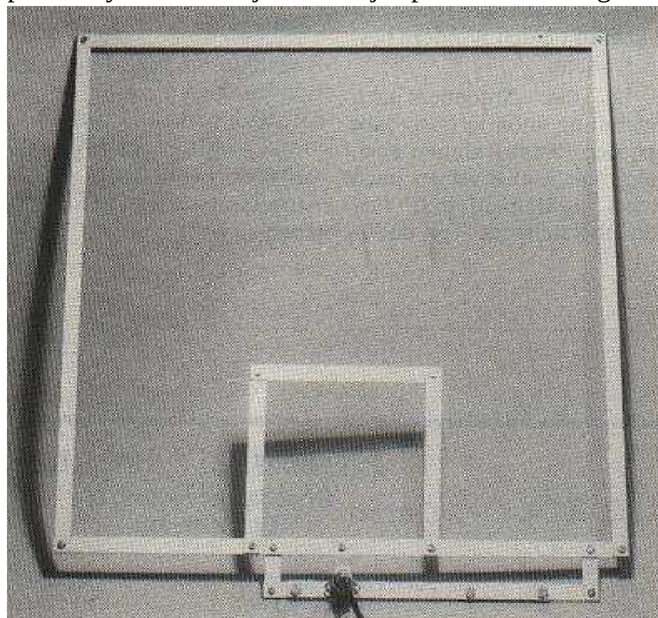
Fot. 9.2.3. Widok od strony pętli zasilającej

9.3. Anteny ramowe

9.3.1. Dwupasmowa antena okienna

Dwupasmowa antena ramowa (dla pasm 2 m i 70 cm; fot. 9.3.1) składa się z dwóch elementów kwadratowych zasilanych równolegle przez transformatory dopasowujące typu gamma. Dzięki temu antena może być połączona z dwupasmową radiostacją bez pośrednictwa zwrotnicy antenowej.
Do wykonania anteny należy użyć płaskowników aluminiowych o szerokości 15 i grubości 2 mm. Sumaryczna długość wszystkich elementów wynosi 3230 mm. W miejscu zaznaczonym na rysunku strzałką należy podożyć między płaskowniki dwie podkładki. Ułatwiają one składanie anteny na czas transportu. W celu złożenia anteny należy tylko poluzować śruby w jej rogach.

Otwory w elementach 6, 7 i 8 (przekrój A) należy nagwintować gwintownikiem M5 i wkręcić w nie plastikowe śruby. Dostrojenia transformatora gamma dokonuje się zmieniając odległość elementu 6 od pozostałych. Przekrój B ilustruje sposób montażu gniazda koncentrycznego.

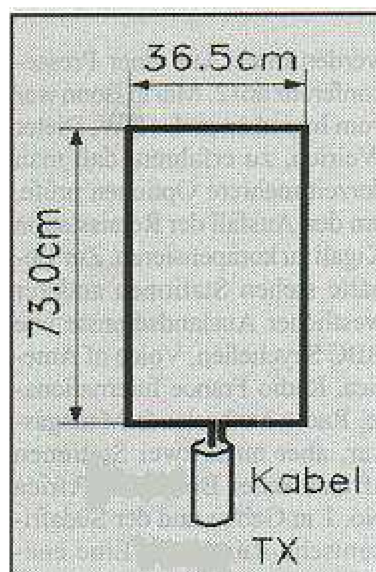


Antenę można zawiesić w dowolnym miejscu i w dowolny sposób, np. na przyssawkach na szybie okiennej.

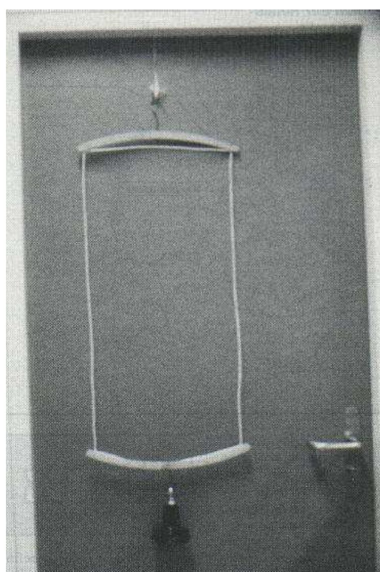
Fot. 9.3.1. Widok anteny dwupasmowej

Prosta antena ramowa (rys. 9.3.3) może być wykonana nawet ze zwykłego drutu (izolowanego lub gołego) stosowanego w instalacjach elektrycznych o przekroju rzędu 1,5 mm kw. Jednym z naprostszych rozwiązań może być rozciągnięcie i zawieszenie pętli na dwóch wieszakach jak to przedstawiono na fotografii (nie można używać wieszaków metalowych).

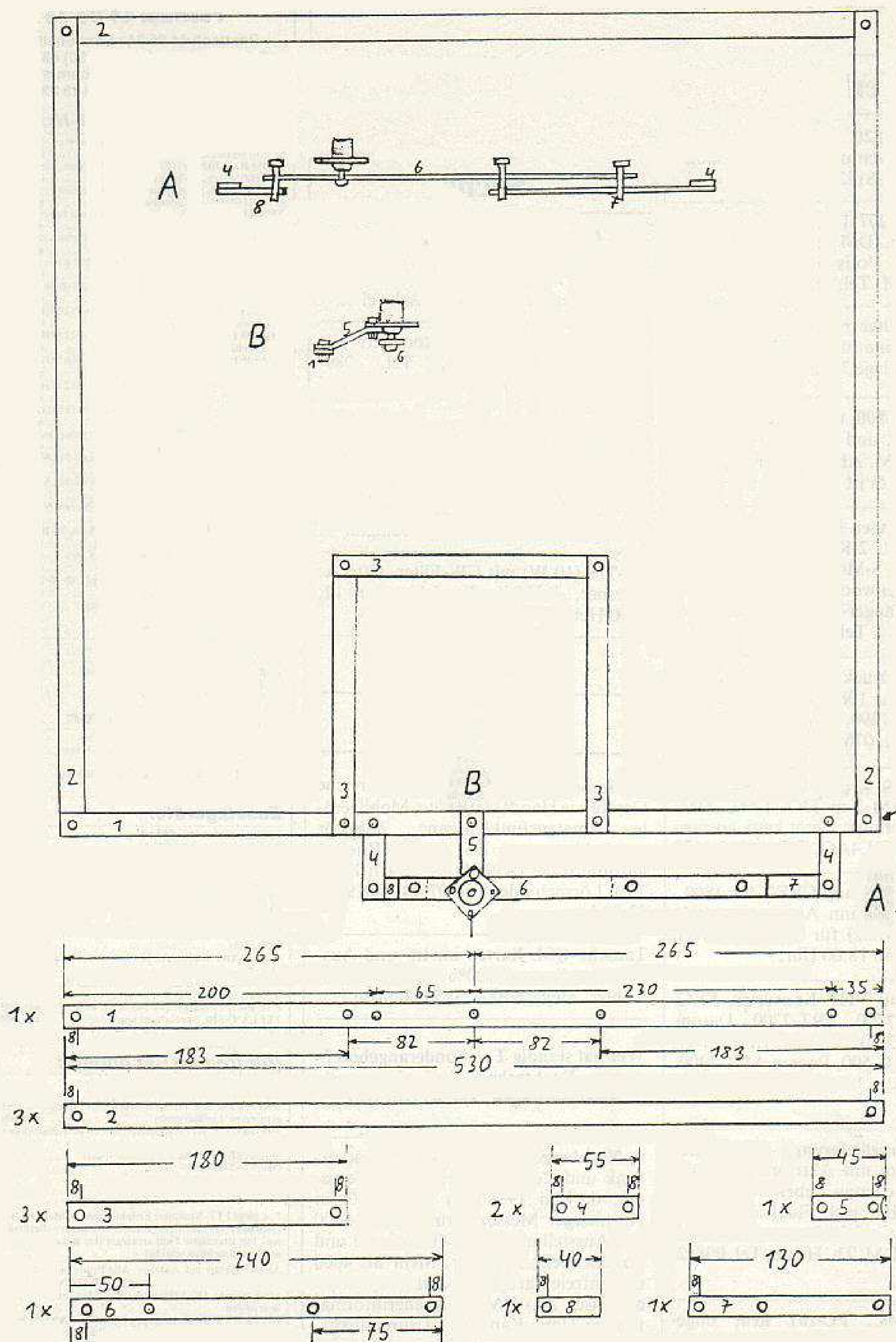
Dla pasma 2 m rozmiary obliczone rozmiary prostokąta wynoszą 36,5 x 73,0 cm. W praktyce są one w pewnym stopniu zależne od wykonania (użytego drutu). Dla drutu izolowanego korzystniejsze okazuje się zmniejszenie anteny do rozmiarów 36,0 x 72,0 cm, a dla gołego – zwiększenie do rozmiarów 37,0 x 74,0 cm (wysokość równa jest podwójnej szerokości prostokąta). Obwód prostokąta wynosi 1,06 długości fali w wolnej przestrzeni. Biorąc po uwagę łatwość wykonania anteny eksperymentalne znalezienie optymalnych rozmiarów nie powinno nastręczać większych trudności.
Pętla, pomimo że z zasady symetryczna może być zasilana bezpośrednio za pomocą kabla koncentrycznego o oporności falowej 50 omów. W zależności od potrzeb kabel można przylutować bezpośrednio lub podłączyć poprzez gniazdo BNC.
Umieszczenie anteny w pozycji pionowej powoduje, że promieniowana fala ma polaryzację poziomą. Konstrukcję HB9BBR zaprezentowano w nr 7/1994 miesięcznika "Funk".



Rys. 9.3.3. Prosta antena ramowa na pasmo 144 MHz



Fot. 9.3.4. Antena zawieszona na drzwiach



Rys. 9.3.2. Elementy konstrukcyjne anteny dwupasmowej

9.3.2. Antena okienna na pasmo 2 m

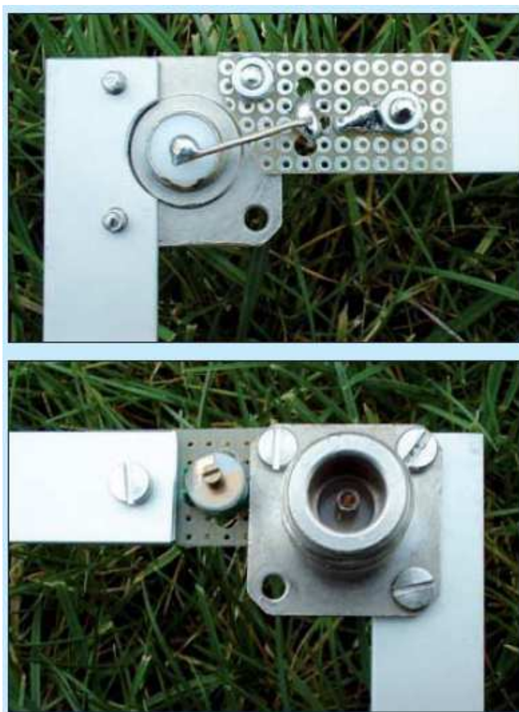
W numerze 5/2014 „Funkamateura” opisana jest ramowa antena okienna na pasmo 2 m. Najwygodniejszym sposobem jej umocowania na oknie jest przymocowanie na szybie przy użyciu przyssawek. Antena jest wykonana z płaskowników oksydowanych aluminiowych o szerokości 15 i grubości 2 mm. W skład konstrukcji wchodzą 4 elementy o długości 530 mm, 2 elementy o długości 55 mm i jeden o długości 200 mm. Średnice otworów wynoszą 4,1 mm. W trakcie montażu należy usunąć warstwę oksydacji wokół otworów aby zapewnić dobry kontakt elekryczny elementów.
Antena promieniuje falę o polaryzacji zgodnej z położeniem elementu nr 4, można więc łatwo dobrać polaryzację fali poprzez zmianę położenia anteny.

Tabela 9.3.1. Materiał montażowy

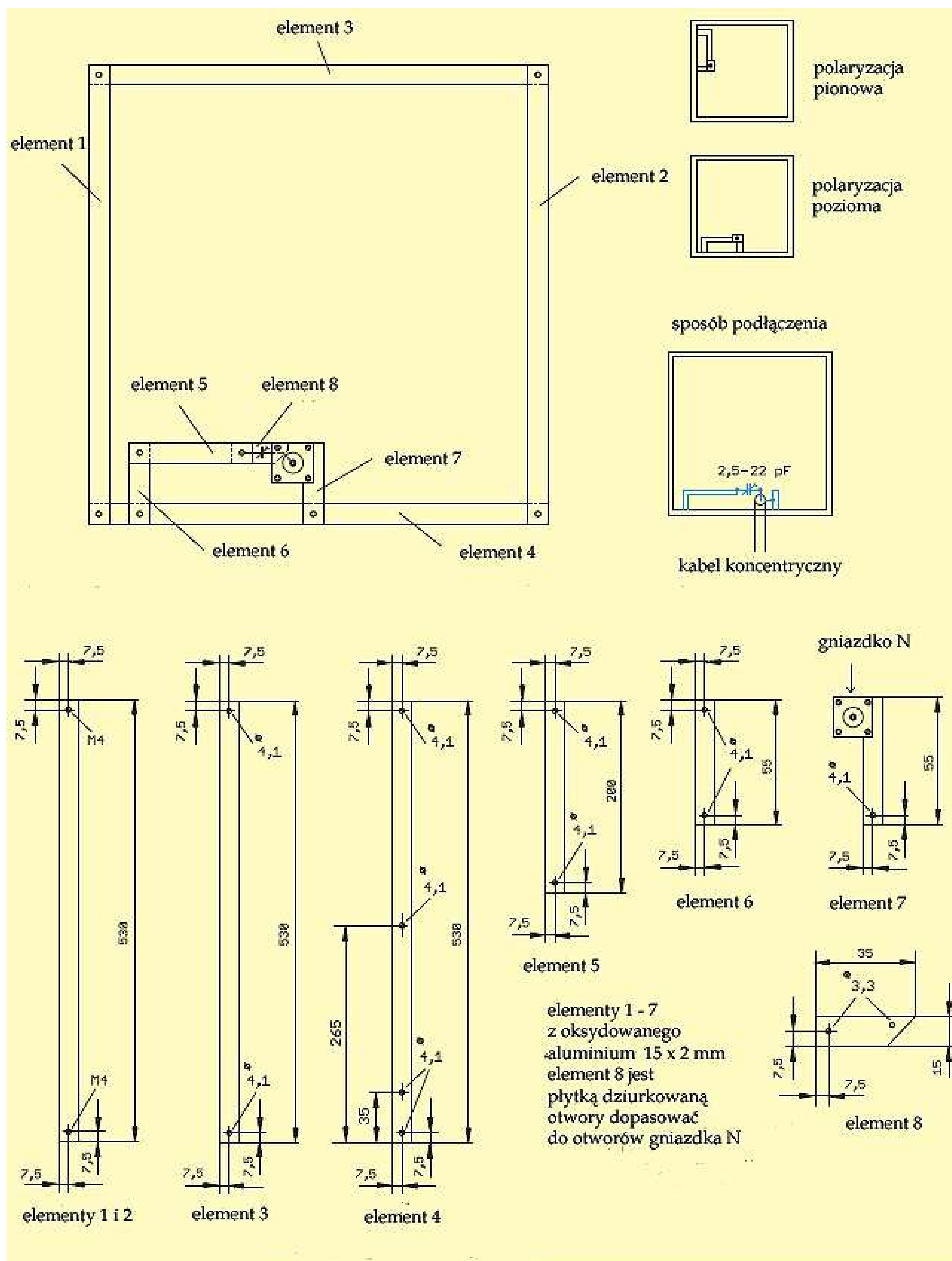
Element	Liczba
Śruby M4 z główką z 6-kątnym wgłębieniem	7
Nakrętki samonacinające M4	3
Nakrętki motylkowe M4	4
Śruby M3 krzyżowe lub z prostą szczeliną	4
Nakrętki M3	4
Gniazdo N z kołnierzem	1
Trymer 2,5 – 22 pF	1
Płytka drukowana z otworami 15 x 35 mm	1
Końcówka kabla dla śruby M3	1



Fot. 9.3.6. Widok ogólny anteny



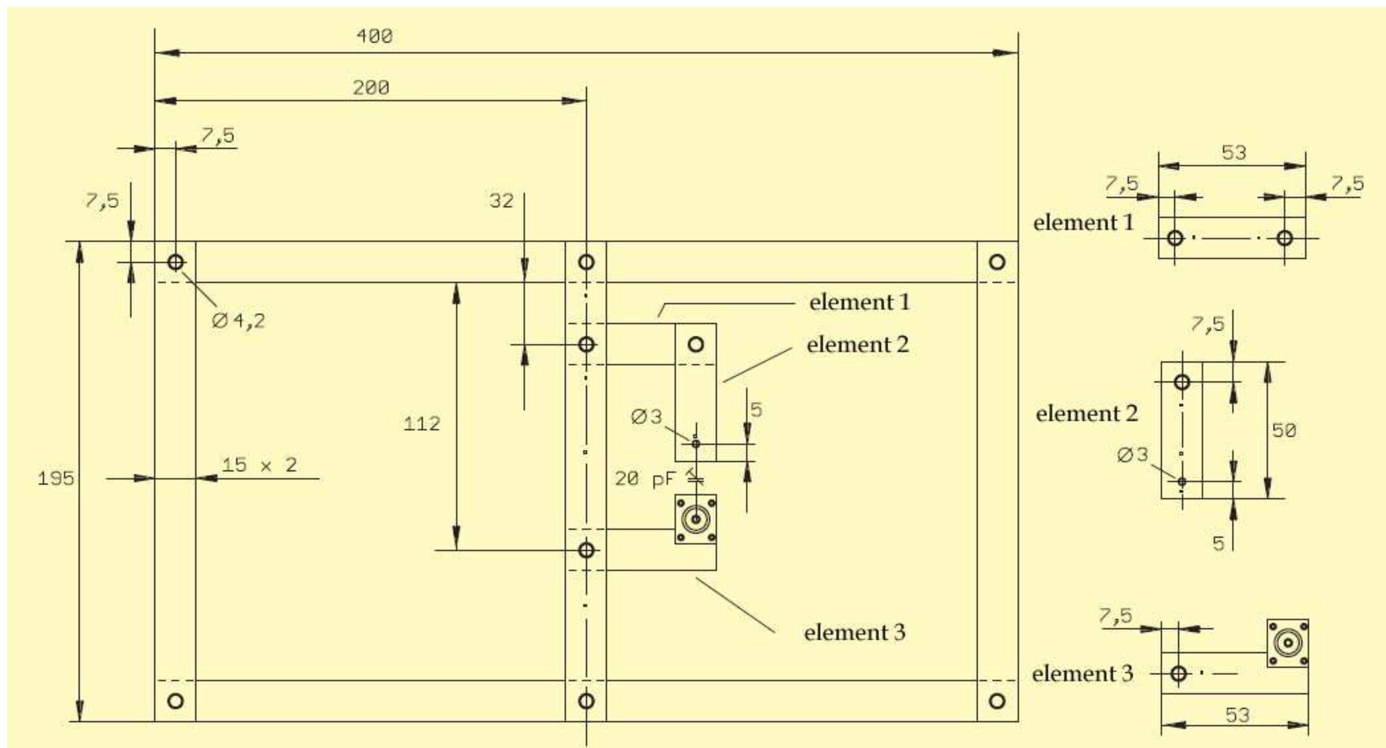
Fot. 9.3.7. Szczegóły montażu gniazdka



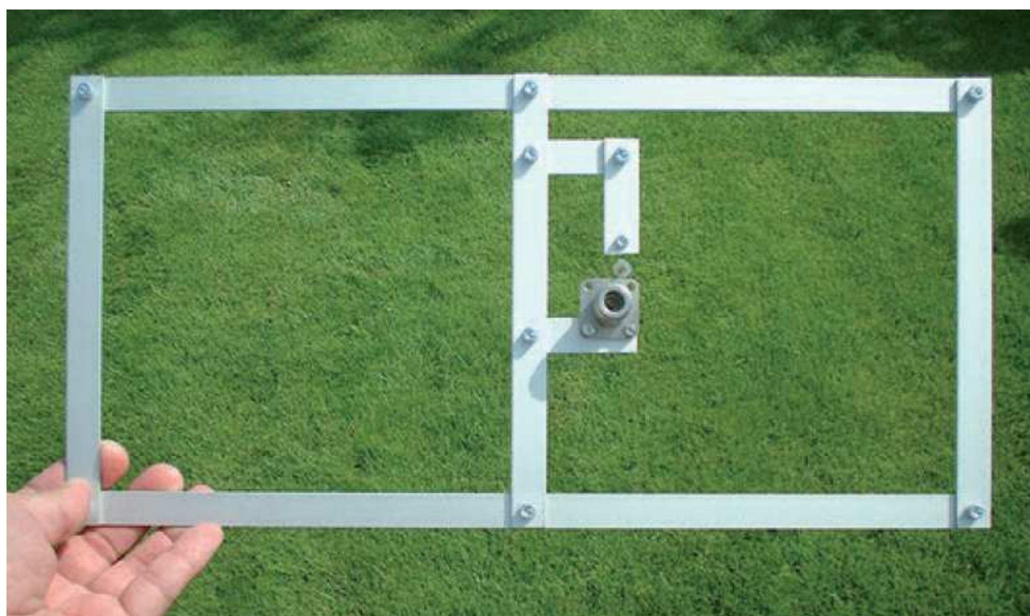
Rys. 9.3.5. Konstrukcja i sposób podłączenia anteny

9.3.3. Antena okienna na pasmo 70 cm

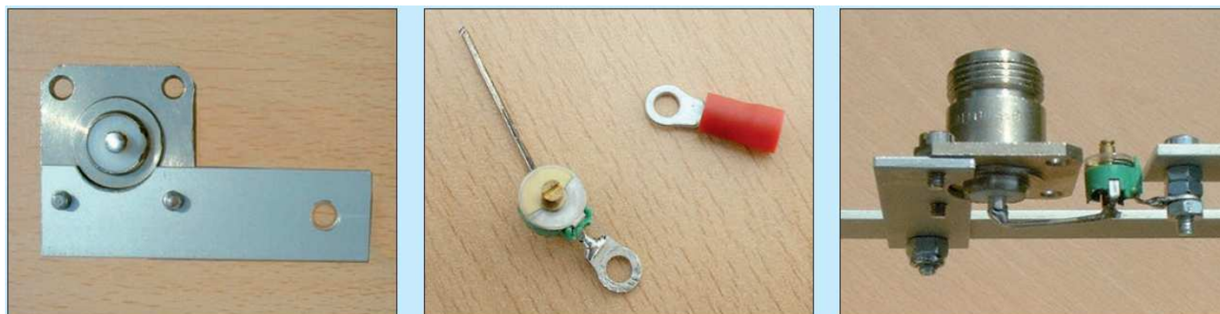
Opis ramowej anteny okiennej na pasmo 70 cm pochodzi z numeru 10/2013 miesięcznika „Funkamateur". Do je konstrukcji potrzebne są dwa elementy o długości 400 mm, 3 elementy o długości 195 mm, dwa elementy o długości 53 mm i jeden o długości 50 mm z aluminium 15 x 2 mm.



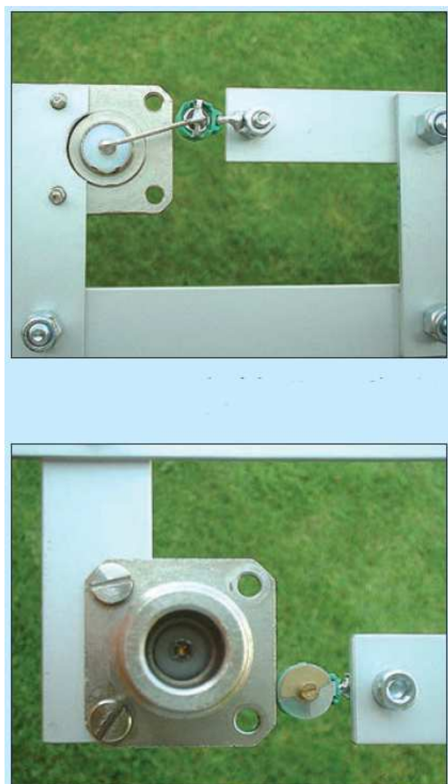
Rys. 9.3.8. Konstrukcja anteny. Płaskowniki aluminiowe mają grubość 2 mm



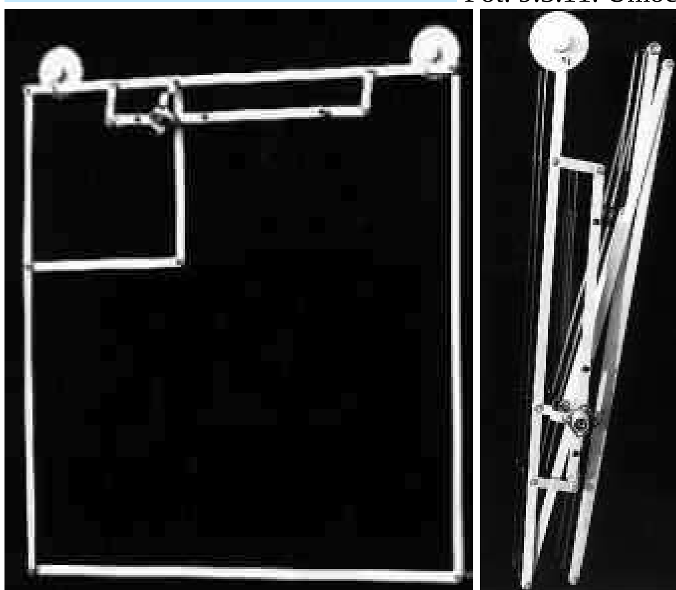
Fot. 9.3.9. Widok gotowej anteny



Fot. 9.3.10. Szczegóły konstrukcyjne mocowania gniazdka i trymera 20 pF



Fot. 9.3.11. Umocowanie gniazdka N i trymera 20 pF



Fot. 9.3.12a i b. Fabryczna rozkładana antena ramowa na pasma 2 m i 70 cm w stanie rozłożonym i złożonym. Antena o wymiarach 54 x 54 cm i zysku 1 dBd jest zawieszana na przyssawkach

9.4. Antena szczelinowa dla pasma 70 cm



Rys. 9.4.1. Antena szczelinowa wykonana z czaszy satelitarnej

Niewykorzystywana czasza anteny sateliternej nie zwraca na siebie uwagi i może służyć jako utajniona antena szczelinowa na pasmo 70 cm. Długość poziomej szczeliny (promienującej falę o polaryzacji pionowej) wynosi dla tego pasma 34 cm, co wymaga aby antena satelitarna miała średnicę co najmniej 60 cm. Szerokość szczeliny wynosi 3 – 4mm. 50-omowy kabel zasilający jest podłączony w odległości 3,5 cm od jednego z końców szczeliny.
Sposób obliczenia punktu zasilania:
– impedancja wejściowa na środku 34-centymetrowej szczeliny wynosi 493 Ω
– położenie obliczane jest z proporcji: 493 Ω odpowiada 34 cm, a więc 50 Ω – 3,448 cm.
Końcówki kabla są podłączone do anteny za pomocą dwóch śrub nierdzewnych M3 x 10 mm. Otwory dla nich są wywiercone w odleglościach po 5 mm od krawędzi szczeliny i 3,5 cm od jej końca. Dla zapewnienia dobrego kontaktu elektrycznego należy usunąć lakier wokół otworu. Dławik tłumiący prądy asymetrii jest wykonany w postaci 3 zwojów kabla RG-58/U na średnicy ok. 5 cm. Kabel jest związany plastikowymi wiązadłami jak to pokazano na zdjęciu 9.4.1.
Konstrukcja DL6FFB została opublikowana w numerze 7/2016 CQDL.
Zamiast czaszy anteny satelitarnej można użyć dowolnej blachy metalowej udającej element dekoracyjny (nawet pomalowany w jakieś motywy lub o odpowiednio powycinanych krawędziach). W takiej konstrukcji łatwiej jest też utajnić antenę na pasmo 2 m.

9.5. Anteny szczelinowe dla pasm 50, 144 i 430 MHz

Antenę szczelinową można najprościej wyobrazić sobie jako szczelinę o wymiarach dostosowanych do częstotliwości pracy wykonaną w przewodzącej (metalowej) płaszczyźnie. W szczególnej postaci redukuje się ona jedynie do przewodzącego obramowania szczeliny, a płaszczyzna przewodząca staje się zbędna. Cechą charakterystaczn anten szczelinowych jest to, że składowa elektryczna pola w.cz. przyjmuje kierunek zgodny z kierunkiem krótszych boków szczeliny (odwrotnie niż np. w przypadku dipoli pętlowych), a więc szczelina pionowa promieniuje falę o polaryzacji poziomej i odwrotnie. Szczelina (lub pozostała z niej ramka) jest zasilana od strony dłuższych boków. Zasada konstrukcji jest przedstawiona na ilustracji 9.5.1.
Wymiary szczeliny nie są krytyczne dlatego też jej wykonanie mechaniczne nie powinno przysporzyć większych trudności. Ze wzrostem szerokości szczeliny otrzymuje się szersze pasmo przenoszenia. Antena jest zasilana za pomocą kabla koncentrycznego przez symetryzator 1:1. Zasilanie niesymetryczne powoduje natomiast niesymetrię charakterystyki promieniowania. Właściwe dopasowanie uzyskuje się przesuwając punkty podłączenia symetryzatora wzdłuż boków szczeliny jak to widać na ilustracji. Jest to sposób analogiczny do stosowanego w antenach typu J. Dla dopasowania do kabla 50 Ω punkty zasilania znajdują się w odległości ok. λ/6 od krótszego boku. Anteny szczelinowe są często stosowane w wyższych pasmach UKF i w zakresach mikrofalowych. Po zwinięciu konstrukcji w pierścień

otrzymuje się antenę typu DDRR (rys. 9.5.4). Obliczony na podstawie symulacji komputerowych zysk wynosi około 4,7 dBi.

Przykłady wykonania:

6 m Na maszcie drewnianym lub z tworzywa sztucznego umieszczone są dwie poprzeczki z rurki aluminiowej (np. ze starych kijków narciarskich), a pomiędzy nimi przeciągnięto linkę stalową. Przewody zasilające są podłączone za pomocą zacisków (kostek) stosowanych w instalacjach elektrycznych. Antena jest przedstawiona na fotografii 9.5.3. Elementy pionowe można też wykonać z rurek aluminiowych, a poziome z przeciągniętego między nimi przewodu miedzianego.
Przykładowo przyjmując wysokość λ/2, szerokość λ/6 i punkt zasilania na wysokości λ/10 otrzymujemy dla częstotliwości 51,1 MHz odpowiednio wysokość 300 cm, szerokość 100 cm i punkt zasilania na wysokości 84 cm. Antena taka daje w przybliżeniu zysk 3 dBd. Wymiary anteny można też zmienić tak aby wysokość wynosiła 0,6 λ i szerokość 0,15 λ. Zasilanie pozostaje na tej samej wysokości λ/10. Dla otrzymania anteny reflektorowej na wysokości elementów poziomych w odległości 975 mm od nich umieszcza się reflektory o długości 2900 mm (dane dla rurki o średnicy 12 mm)

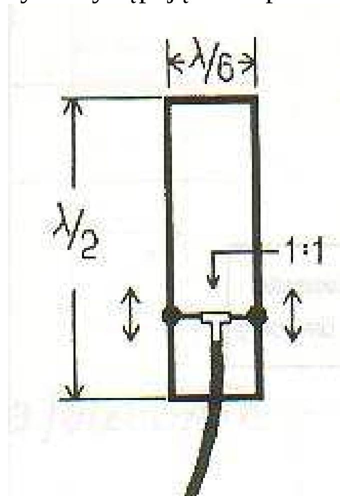
4 m Podobnie można też zbudować antenę dla pasma 70 MHz. Przykładowo dla konstrukcji wykonanej z rurki o średnicy 12 mm wymiary wynoszą: 1679 mm dla elementów pionowych, 645 mm dla poziomych, punkt zasilania leży na wysokości 448 mm. Ewentualne reflektory o długości 2072 mm umieszcza się w odległości 680 mm od poziomych elementów anteny.

2 m Antena (fot. 9.5.3) jest wykonana z przewodu aluminiowego o średnicy 8 mm stosowanego w instalacjach odgromowych. Przewody zasilające podłączono za pomocą śrub z podkładkami zębatymi. Dla zabezpieczenia przed wpływami otoczenia miejsca połączeń pokryto klejem. Na wysokości elementów poziomych w odległości 325 mm od anteny można umieścić reflektory o długości 1003 mm. Dane te dotyczą rurki o średnicy 10 mm, dla rurki 12 mm są to odpowiednio 320 mm i 1006 mm. Otrzymuje się wówczas antenę reflektorową. Można także użyć rurek o średnicach 6 mm lub podobnych.

70 cm Antena (fot. 9.5.2) jest wykonana z gołego przewodu miedzianego o średnicy 2 mm, do którego przylutowane są przewody zasilające.

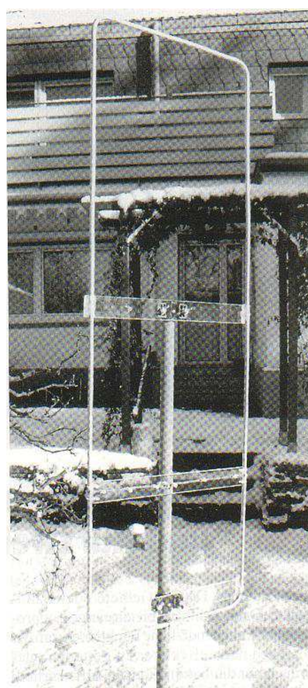
23 cm Antenę można wykonać z przewodu miedzianego lub z kawałka blachy, w którym jest wycięta szczelina.

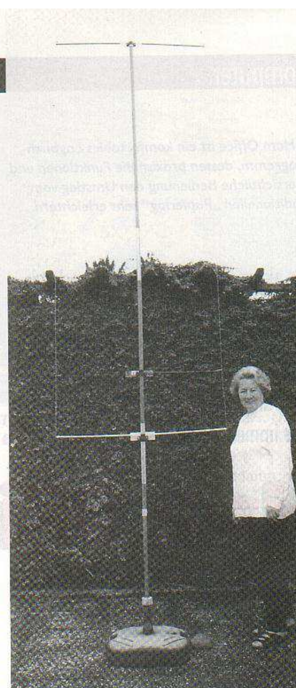
Pomiary anten dla pierwszych trzech pasm przeprowadzone przez DJ3RW ("Funk 4/2003") wykazały, że zysk antenowy takiej konstrukcji jest zbliżony do zysku anteny HB9CV. Należy jednakże zwrócić uwagę, że promień obrotu anteny wynosi 1/3 promienia dla anteny HB9CV. Przykłady konstrukcji pochodzą z tego samego źródła. Anteny te występują także pod fabryczną nazwą „Hentenna“.



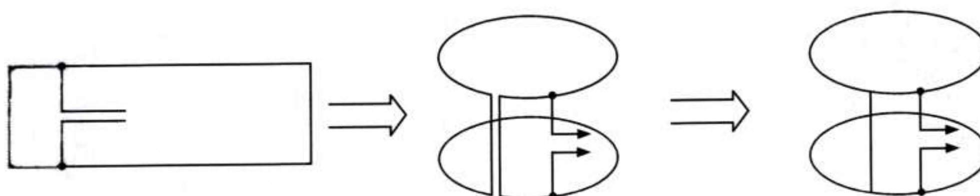
Rys.9.5.1. Wymiary anteny szczelinowej UKF





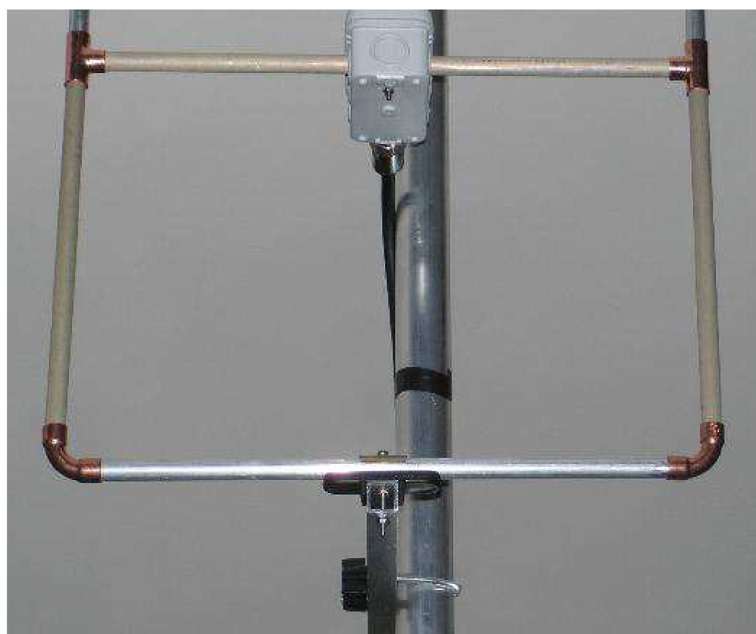


Rys. 9.5.2. Antena na pasmo 430 MHz Rys. 9.5.3a i b. Anteny na pasma 144 i 50 MHz



Rys. 9.5.4. Przekształcenie szczelinowej anteny prostej w kołową DDRR





Rys. 9.5.5 a i b. Szczegóły konstrukcji skrzynki przyłączeniowej i rurkowej anteny na 144 MHz


Rys. 9.5.6. Reflektorowa antena szczelinowa na 144 MHz

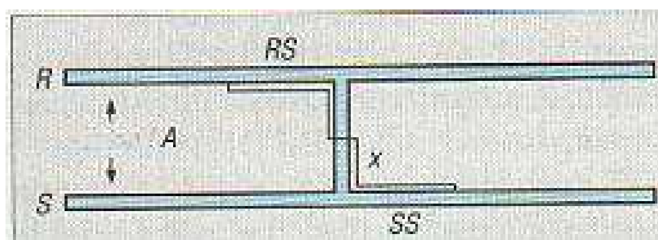
W numerze 6/2010 FA podano odstęp reflektorów 0,15 – 0,16 λ od płaszczyzny promiennika, co dało antenę o zysku 7 dBd i szerokości wiązki poziomej 72 stopnie. W tym samym miejscu podano także wymiary anten rurkowych dla pasm 2 i 6 m.

Tabela 9.5.1. Wymiary anten reflektorowych wykonanych z rurek instalacyjnych

Pasmo [m]	**2**		**6**
Średnica rurek [mm]	6	10	12
Elementy poziome [mm]	314	314	900
Elementy pionowe dolne [mm]	218	218	625
Elementy pionowe górne [mm]	817	822	2343
Reflektory [mm]	1008	1003	2900
Odstęp reflektora od anteny [mm]	330	330	975

9.6. Antena HB9CV dla pasm 2, 6 i 10 m

Antena HB9CV cieszy się zasłużoną popularnością w kręgach amatorskich. Jej zaletami są stosunkowo znaczny zysk 4,2 dBd (w stosunku do dipola półfalowego) i tłumieniem w kierunku wstecznym 20 dB przy niewielkich wymiarach dzięki czamu stosowana jest często do pracy z terenowych QTH. Najczęściej spotykane są wykonania dla pasm 2 m i 70 cm ale nic nie stoi na przeszkodzie dla konstrukcji anten dla innych zakresów częstotliwości i to zarówno krótkofalowych jak i np. pasma 23 cm.
Antena składa się z dwóch aktywnych (zasilanych) elementów direktora i reflektora oddalonych od siebie o λ/8. Długość direktora (w m) wynosi 139/f, a reflektora 150/f gdzie częstotliwość podana jest w MHz. Oba elementy są zasilane za pomocą odcinka linii powietrznej z dopasowaniem typu gamma. Kabel zasilający jest podłączony do elementu krótszego (direktora) poprzez szeregowy kondensator kompensujący. Korzystne jest stosowanie tutaj kondensatorów ceramicznych lub styrofleksowych.



Rys. 9.6.1. Antena HB9CV

Antenę dla pasma 2 m można także wykonać z dwóch rurek aluminiowych o średnicy 10 mm umocowanych w elemencie nośnym wykonanym z kształtownika aluminiowego 20 x 20 x 280 mm. Miejsce

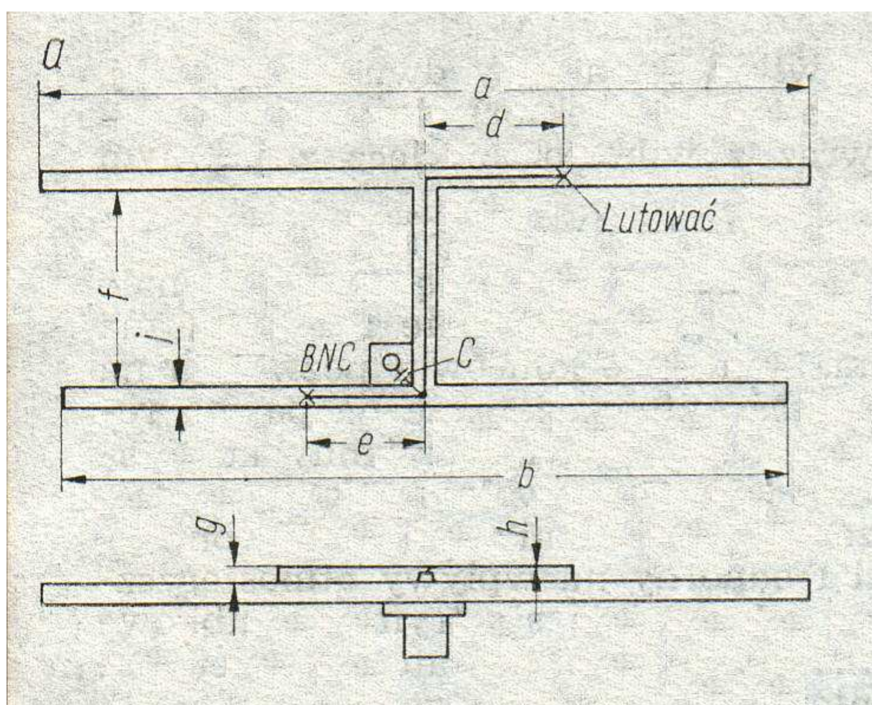
podłączenia kabla i kondensator kompensujący mogą być chronione przez plastikową puszkę rozdzielczą od instalacji elektrycznych.

Tabela 9.6.1. Wymiary anten dla pasm 28, 50 i 144 MHz

Pasmo [m]	R [mm]	S [mm]	A [mm]	RS [mm]	SS [mm]	C [pF]
10	5300	4900	1330	800	760	56
6	3000	2770	750	450	430	30
2	1020	945	260	190	190	12
2	1034	964	260	190	190	12

9.7. Antena HB9CV dla pasm 2 m, 70 cm i 23 cm

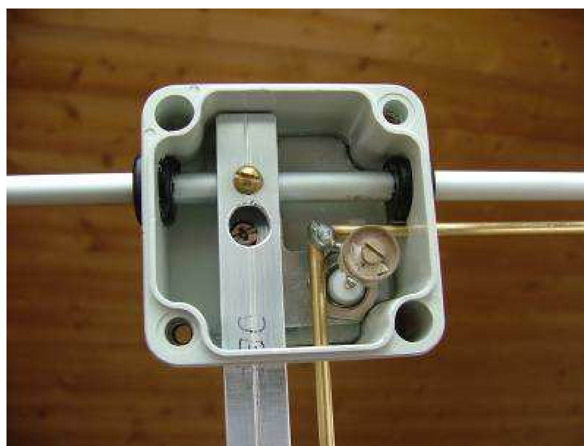
Na rysunku 9.7.1 przedstawiona jest konstrukcja anteny HB9CV dla pasm 145, 432 i 1296 MHz.
W przypadku trudności z nabyciem trymera o małych pojemnościach można na pasmach 70 cm i 23 cm zastosować miniaturowe kondensatory własnej konstrukcji wykonane z dwóch płytek metalowych przylutowanych do gniazda BNC i przewodu bocznika. Zmieniając rozchylenie tych płytek zmienia się pojemność kondensatora. Jako bocznik fazujący w paśmie 2 m możemy stosować przewód w izolacji PCW, w pasmach 70 i 23 cm stosuje się goły posrebrzany przewód, odpowiednio przylutowany do dipoli.



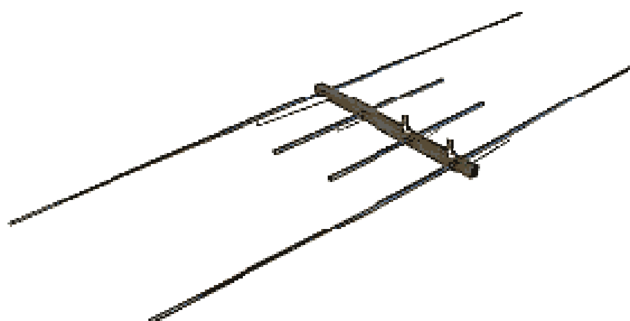
Rys. 9.7.1. Konstrukcja anteny

Tabela 9.7.1.

Pasmo [MHz]	a [mm]	b [mm]	d [mm]	e [mm]	f [mm]	g [mm]	h [mm]	i [mm]	C [pF]
144	1030	950	130	120	251	5	1,4	6x4	10
432	336	306	57	53	83	4	1	5	3
1296	112	103	19	17,7	27	2,5	1	3	0,7



Fot. 9.7.2. Skrzynka przyłączeniowa anteny na pasmo 2 m

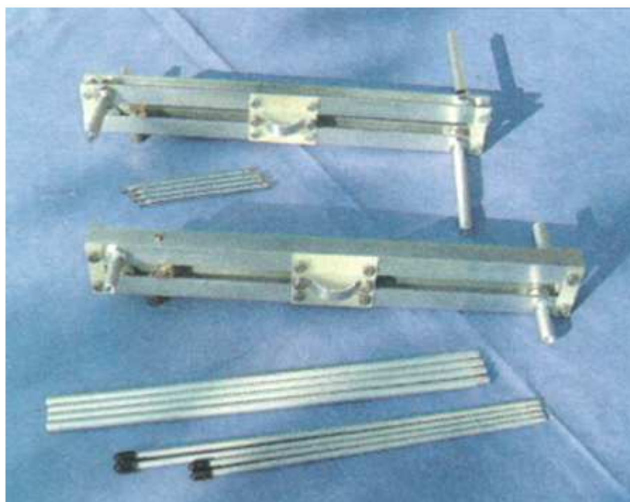


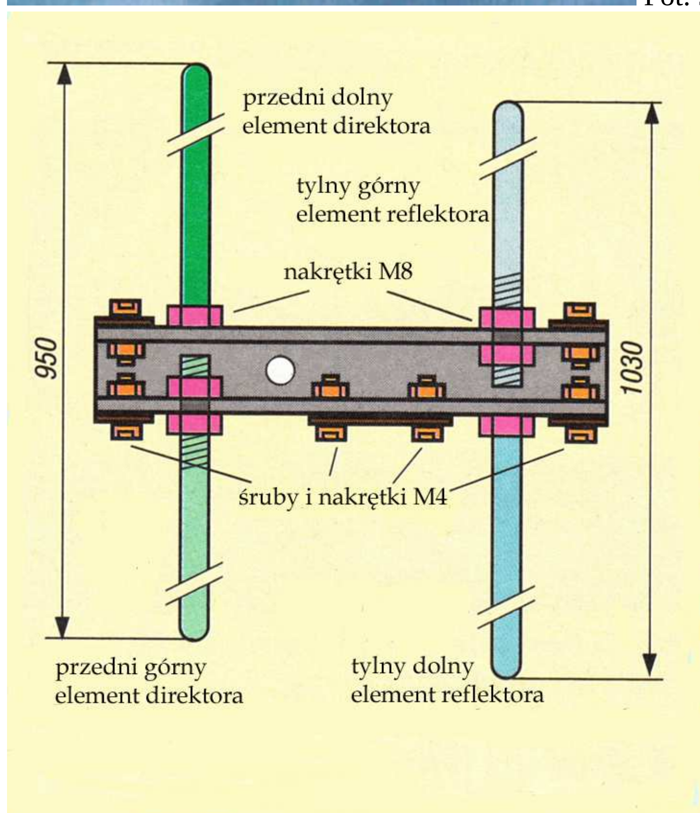
Fot. 9.7.3. Dwupasmowa rozkładana antena HB9CV produkcji fabrycznej na pasma 2 m i 70 cm.
W sprzedaży dostępne są również anteny jednopasmowe w całości lub rozbierane



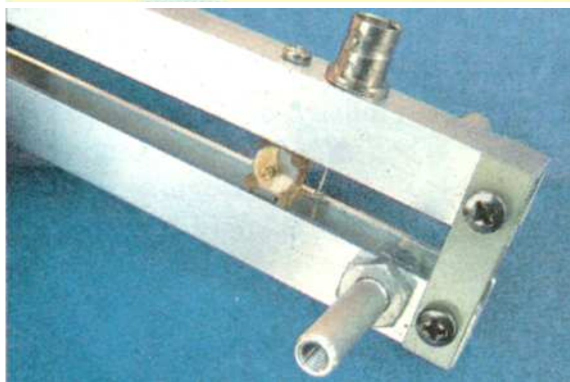
Fot. 9.7.4. Fabryczna antena HB9CV na pasmo 70 cm

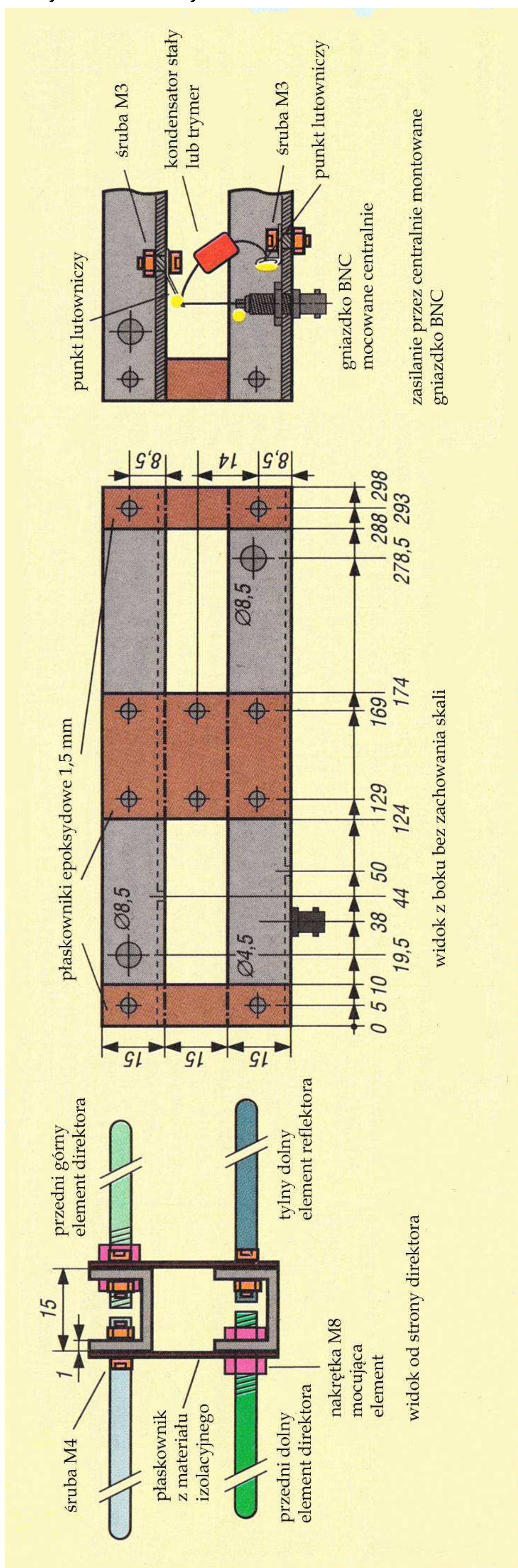
Ciekawe rozwiązanie anteny dla pasma 2 m opublikowano w poz. [9]. Zastosowano w nim sposób konstrukcji spotykany w rozwiązaniach profesjonalnych, zwłaszcza anten logarytmiczno-periodycznych. Element nośny stanowiący jednocześnie linię zasilającą reflektor jest wykonany z dwóch profili o kształcie litery C – ceowników o wymiarach 15 x 15 mm lub zbliżonych. Do ceowników przykręcone są (naprzemian do dolnego i górnego dzięki czemu uzyskuje się odwrócenie fazy o 180 stopni) połówki reflektora i direktora. Wygląd anteny w wykonaniu rozkładanym przedstawia fot. 2.7.5. Elementy mogą być oczywiście przymocowane na stałe, a w konstrukcjach składanych można też zamiast prętów zastosować elementy teleskopowe. Wymiary anteny dla pasma 2 m podano na rys. 2.7.6, pełne wymiary konstrukcji – na rys. 2.7.7, a na rys. 2.7.9 i 2.7.10 przedstawiona jest konstrukcja anteny dla pasma 70 cm [10].


Fot. 9.7.5. Widok ogólny

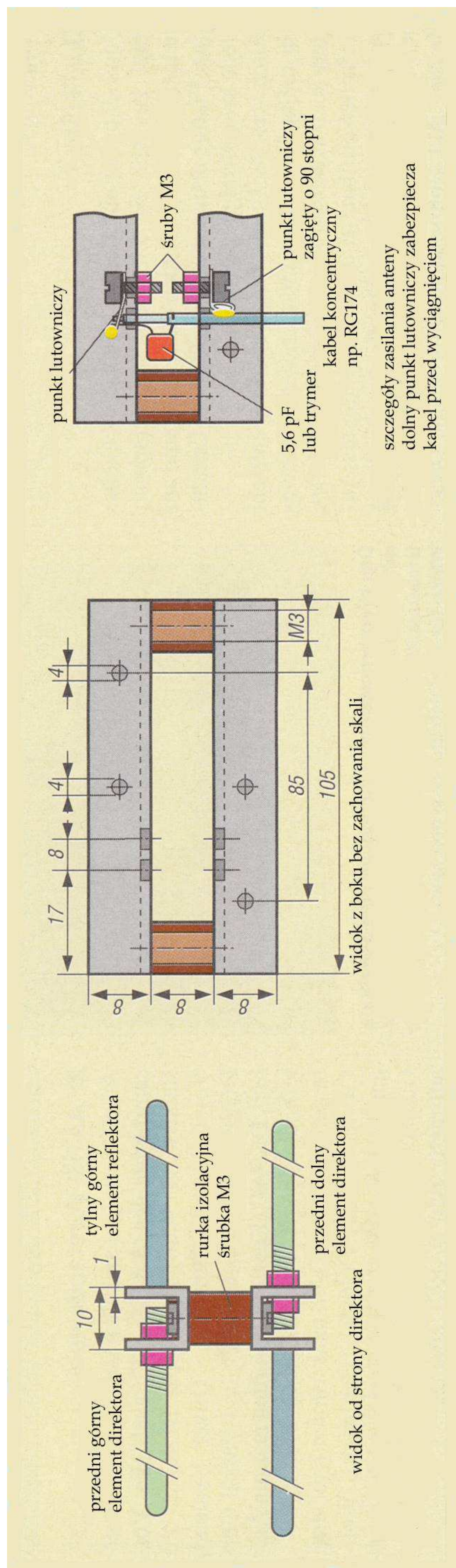


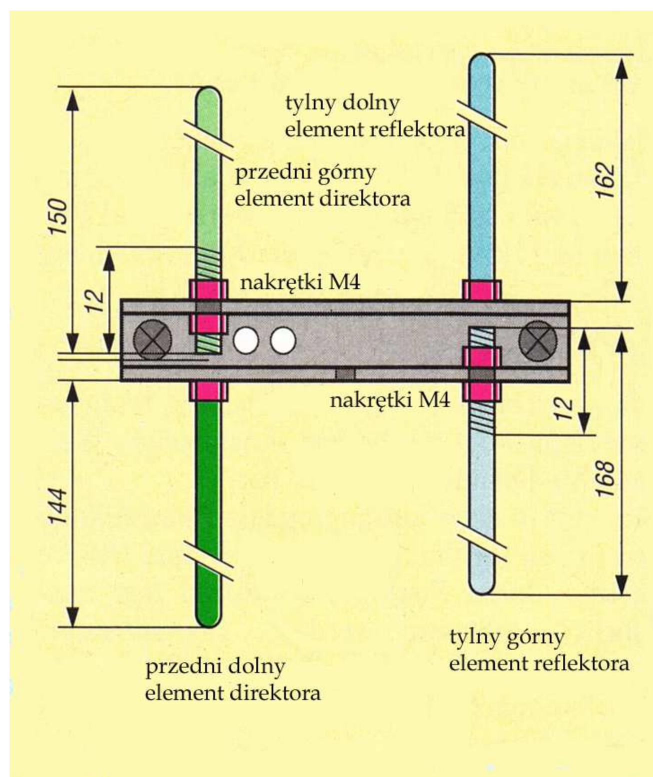
Rys. 9.7.6. Antena na pasmo 2 m


Fot 9.7.8. Szczegóły konstrukcyjne



Rys. 9.7.7. Antena na pasmo 2 m

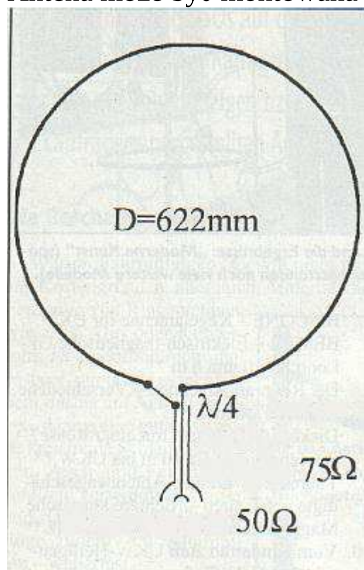




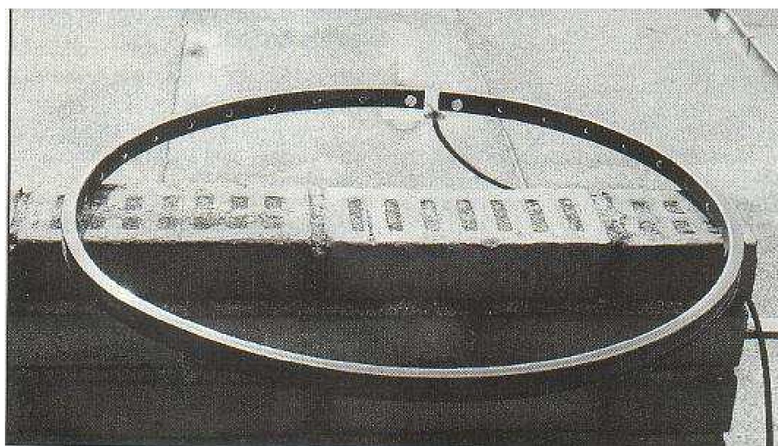
Rys. 9.7.9 (u góry) i 9.7.10 (z lewej). Antena na pasmo 70 cm

9.8. Antena pętlowa dla pasm 2 m, 70 cm i 23 cm

Przykład całofalowej anteny pętlowej wykonanej z obręczy koła rowerowego o średnicy 28" pochodzi z nru 5/1998 miesięcznika "Funk". Średnica obręczy wynosi 622 mm co oznacza, że jej obwód jest o 13 cm (6 %) krótszy od pełnej długości fali, ale autor konstrukcji – DJ3RW – twierdzi, że współczynnik fali stojącej ulega tylko nieznacznemu pogorszeniu. Antena wykonana jest z obręczy rowerowej po usunięciu z niej szprych i przecięciu w miejscu spawania a dokładniej po wycięciu 1 cm kawałka zawierającego spaw. Końce obręczy są połączone ze sobą za pomocą kawałka materiału izolującego np. plastiku. W tym miejscu jest też doprowadzone zasilanie za pomocą odcinka kabla koncentrycznego. Oporność wejściowa całofalowej anteny pętlowej leży w zakresie 90 – 120 omów, co oznacza konieczność dopasowania jej do kabla 50-omowego za pomocą ćwierćfalowego odcinka kabla o oporności falowej 75 Ω np. RG 59 lub telewizyjnego. Współczynnik skrócenia dla kabli o dielektryku polietylenowym wynosi 0,66 natomiast dla kabli o dielektryku z pianki polietylenowej od 0,78 do 0,89 i należy go uwzględnić przy obliczaniu długości kabla (transformatora ćwierćfalowego). Jak widać na fotografii drugi koniec kabla jest podłączony do gniazda koncentrycznego.
Obwód pętli odpowiada (znowu w przybliżeniu) trzykrotnej długości fali 70 cm dzięki czemu może być ona stosowana także i w zakresie 432 MHz. Transformator dopasowujący nie wymaga wymiany ani przełączania ponieważ jego długość wynosi 3/4 λ. Jak łatwo zauważyć dla częstotliwości 1296 MHz antena odpowiada 9-krotnej długości fali, a transforamator dopasowujący ma długość 2,25 λ.
Antena może być montowana pionowo lub poziomo w zależności od potrzeb. Zysk wynosi ok. 2 dBd.



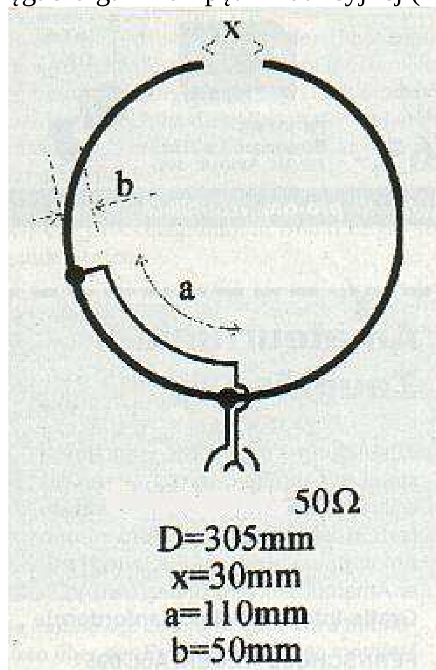
Rys. 9.8.1. Konstrukcja anteny


Rys. 9.8.2. Widok ogólny

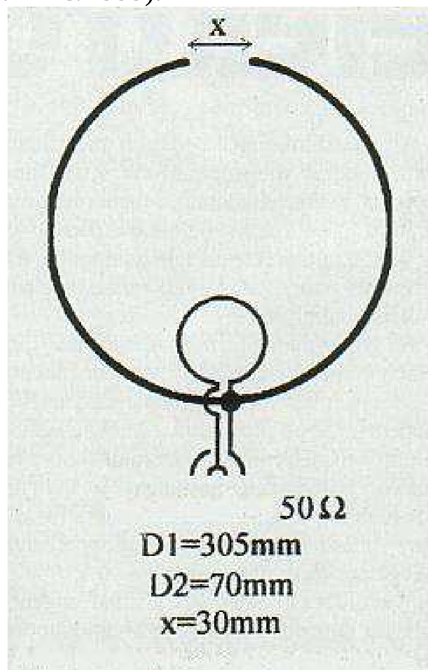

Rys. 9.8.3. Zasilanie anteny

9.9. Półfalowa antena pętlowa

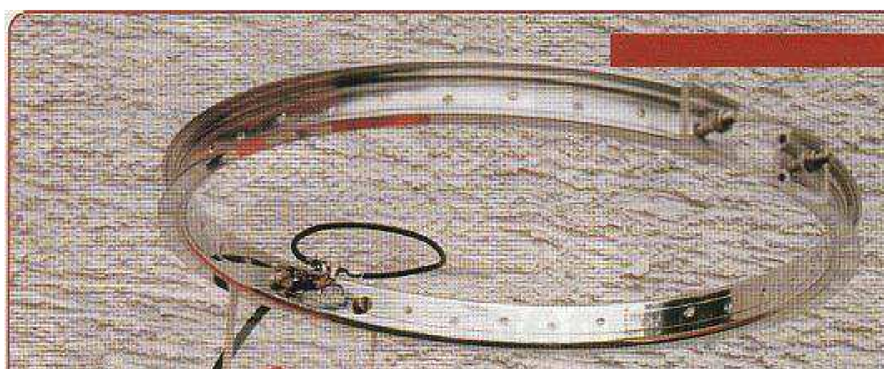
Oprócz całofalowych anten pętlowych konstruowane są również anteny półfalowe. Na rysunkach 9.9.1 i 9.9.2 przedstawiono wymiary anteny półfalowej dla pasma 2 m z zasilaniem gamma i indukcyjnym. Fotografie przedstawiają antenę wykonaną przez DJ3RW z 16" obręczy od roweru dziecięcego oraz szczegóły sprzęgacza gamma i pętli indukcyjnej ("Funk" 3/1999).



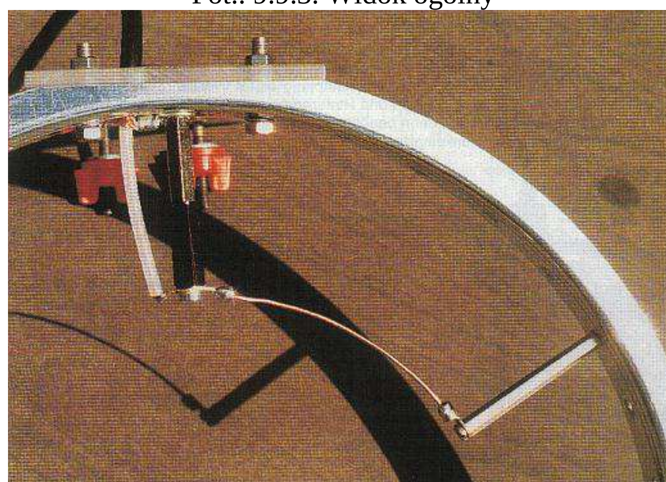
Rys. 9.9.1. Antena z transformatorem gamma



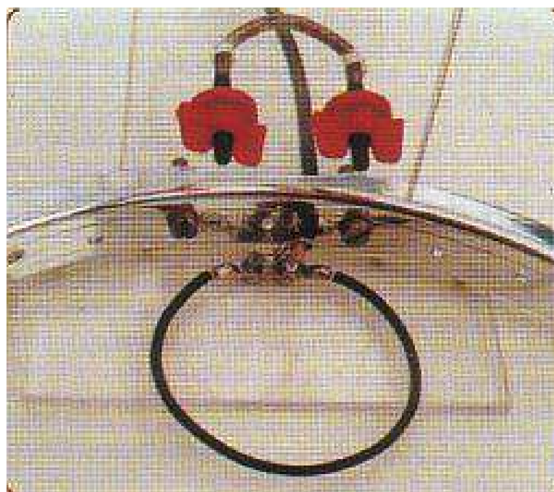
Rys. 9.9.2. Antena zasilana pętlą



Fot.. 9.9.3. Widok ogólny

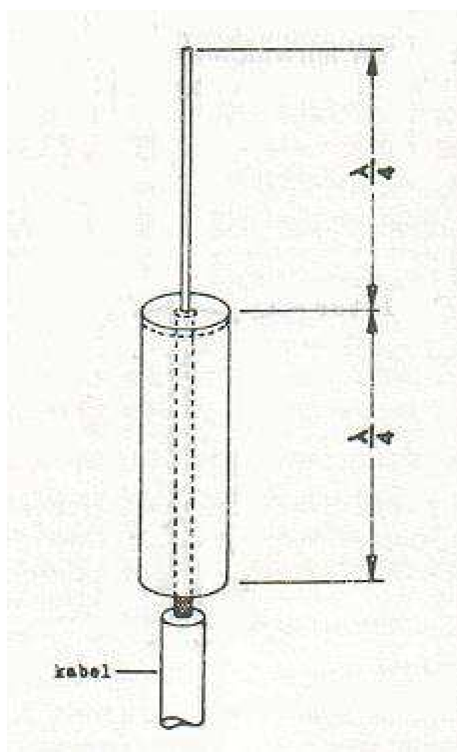


Fot. 9.9.4. Transformator gamma



Fot. 9.9.5. Pętla sprzęgająca

9.10. Antena pionowa na 144 MHz z transformatorem koncentrycznym

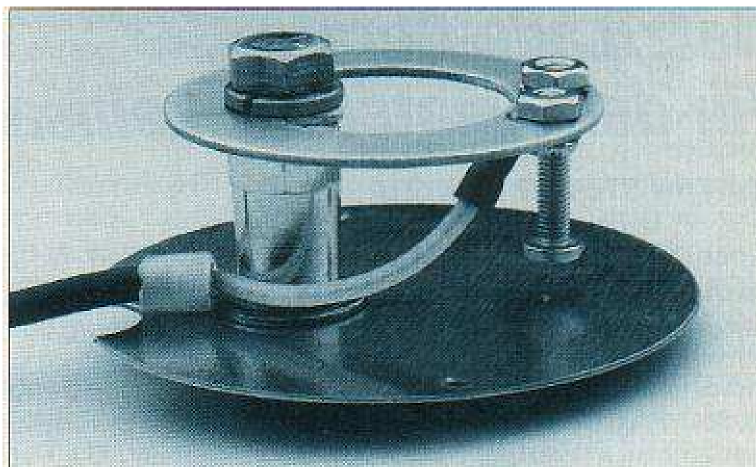


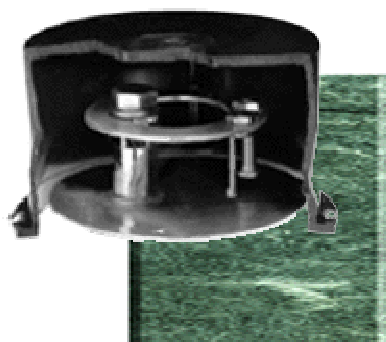
Antena o długości pół fali składa się z dwóch części: pionowego dipola i transformatora koncentrycznego o długościach 1/4 fali. Ekran zasilającego kabla koncentrycznego jest połączony z górnym denkiem transformatora. Transformator wykonany jest z rurki metalowej o średnicy 0,008 - 0,013 λ i grubości ścianek 0,5 – 1,5 mm. Średnica ta zapewnia pokrycie pasma 144 – 146 MHz.

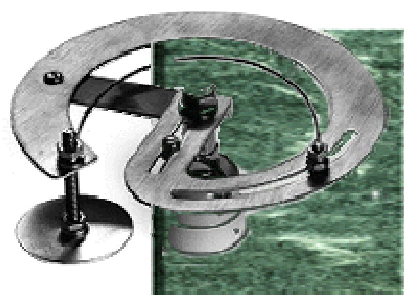
Rys. 9.10.1. Konstrukcja anteny

9.11. Półfalowa antena DDRR

Półfalowa antena DDRR dla pasma 144 - 146 MHz może mieć następujące rozmiary: średnica reflektora z blachy miedzianej 500 mm, średnica pierścienia 288 mm, średnica przewodu miedzianego 6 mm, wysokość H 25 mm, punkt zasilania X 15 mm. Dla częstotliwości 145 MHz pojemność kondensatora wynosi 7,5 pF. Anteny umieszczone poziomo mają polaryzację pionową – jak zawsze w przypadku anten szczelinowych.
Na ilustracji 9.11.1 przedstawiono jedno z ciekawych i łatwych do wykonania rozwiązań półfalowej anteny DDRR dla zakresu 144 - 146 MHz. Widoczna po prawej stronie śruba spełnia funkcję kondensatora o zmiennej pojemności. Kolejne ilustracje przedstawiają przekrój anteny DDRR produkcji firmy UNTENNA, alternatywne wykonanie anteny produkcji tej samej firmy i dalsze przykłady konstrukcji amatorskich.


Fot. 9.11.1


Fot. 9.11.2


Fot. 9.11.3



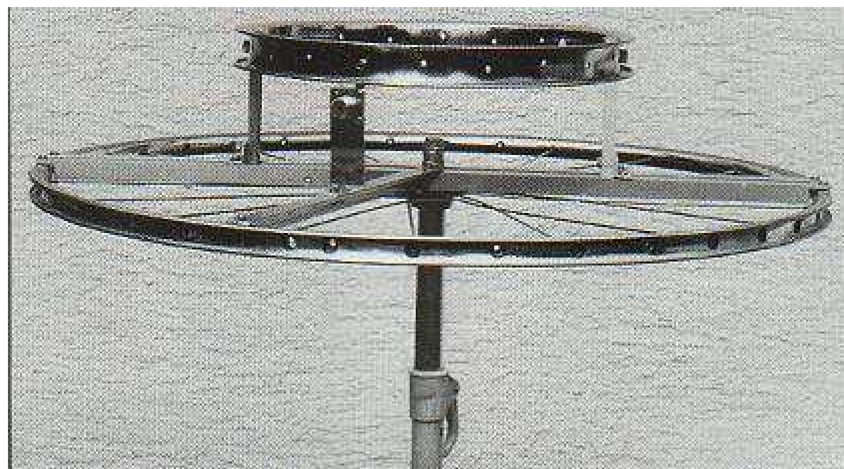
Fot 9.11.4


Fot. 9.11.5


Fot. 9.11.6

9.12. Półfalowa antena DDRR na pasmo 144 MHz wykonana z obręczy rowerowych

Antena DJ3RW ("Funk" 10/1998) wykonana jest z obręczy 16" (dipol) i 28", w której pozostawiono szprychy (reflektor). Odległość pierścieni wynosi 0,05 λ – czyli 10 cm. Punkt podłączenia 50-omowego kabla zasilającego jest oddalony o 70 ° na obwodzie od zwarcia. Antena pracuje poprawnie również na trzeciej harmonicznej czyli w paśmie 70 cm bez zmiany punktu optymalnego dopasowania.



Fot. 9.12.1. Widok ogólny

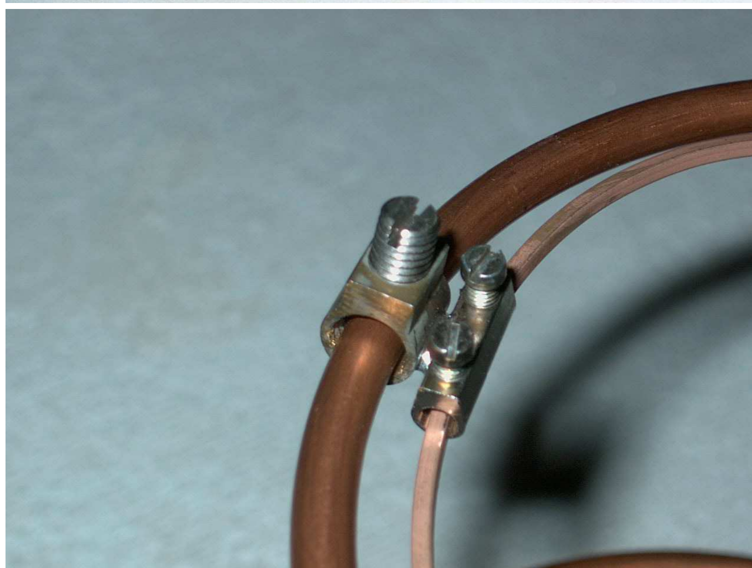
9.13. Podwójna antena DDRR na pasmo 144 MHz

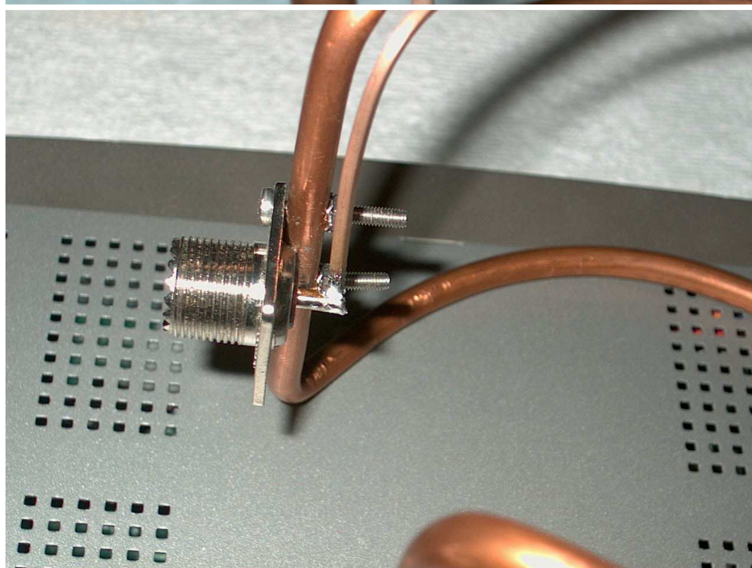
Antena konstrukcji I0HOU i IZ0QAV (fot. 9.13.1 – 9.13.4) składa się z dwóch jednakowych elementów co powoduje, że ma ona wysokość dwa razy większą od anteny klasycznej. Górny element jest zasilany za pośrednictwem transformatora dopasowującego gamma a przeciwległe końce promienników są sprzężone za pomocą pojemności. W wykonaniu do użytku domowego – przedstawionym na zdjęciach – kondensator o pojemności min. ok. 2 pF jest wykonany ze skręconych kawałków przewodu w izolacji. Zamiast tego można oczywiście zastosować trymer ceramiczny. Antena jest wykonana z miedzianej rurki od instalacji wodnych o średnicy 6 mm. Zestrojenie anteny polega na dostrojeniu jej do częstotliwości pracy za pomocą trymera i następnie dobranie (przesuwanie) punktu zasilania dla uzyskania minimum współczynnika fali stojącej (WFS). Proces strojenia można ewentualnie powtórzyć po pierwszym razie dla uzyskania jak najlepszych wyników.
Obwód anteny wynosi 35,7 cm, a jej wysokość – 5 cm. Całkowita długość rurki równa jest więc w przybliżeniu 90 cm. Transformator jest wykonany z przewodu o przekroju kwadratowym 2 x 2 mm.



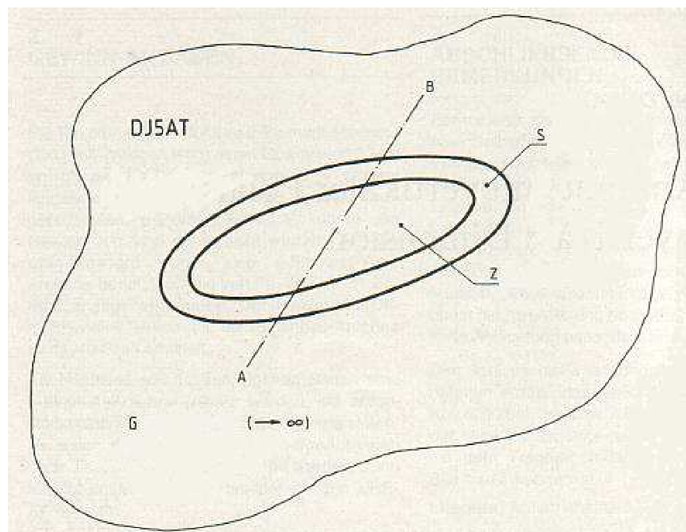
Fot. 9.13.1. Widok ogólny


Fot. 9.13.2. Widok kondensatora


Fot. 9.13.3. Punkt zasilania

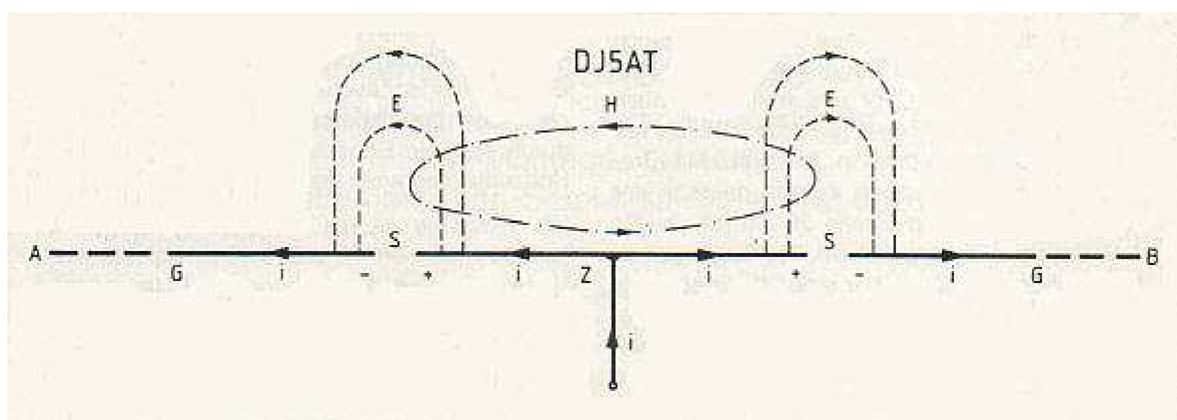

Fot. 9.13.4. Gniazdko wejściowe

9.14. Antena płaska o polaryzacji pionowej

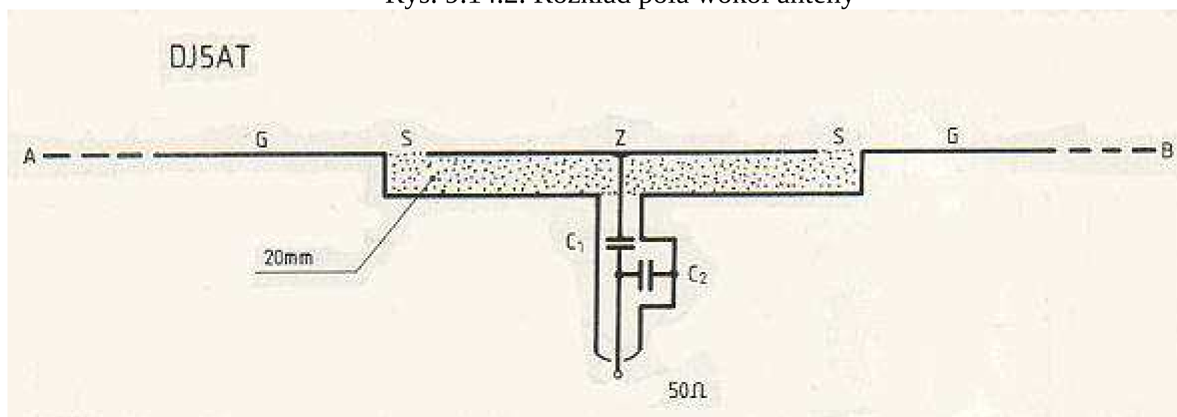


Rys. 9.14.1. Zasada konstrukcji anteny

Jest to odmiana anteny szczelinowej, w której elementami promieniującymi są szczeliny znajdujące się pomiędzy zasilaną częścią centralną i otaczającą ją przeciwwagą połączoną z masą (rys. 9.14.1). Jak wynika z przedstawionego na następnym rysunku (przekroju wzdłuż linii A-B z rysunku 9.14.1) rozkładu pola elektromagnetycznego linie pola elektrycznego przebiegają w przeważającej części prostopadle do płaszczyzny anteny, a więc w przypadku jej poziomego usytuowania (np. na dachu samochodu) promieniowana jest fala o polaryzacji pionowej. Dla zapewnienia symetrii charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie poziomej zarówno szczelina jak i część centralna anteny mają kształt okręgu. Średnica elementu centralnego powinna być możliwie duża i nie jest ona związana z częstotliwością pracy. Szerokość szczeliny musi być znacznie mniejsza od λ/4, przykładowo dla pasma 430 MHz – 3 cm.



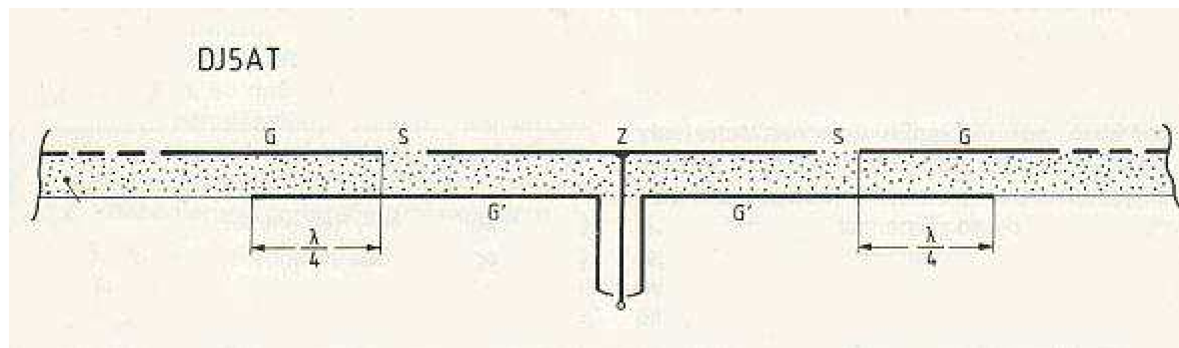
Rys. 9.14.2. Rozkład pola wokół anteny



Rys. 9.14.3. Przykład konstrukcji anteny z przeciwwagą ciągłą

Na ilustracjach 9.14.3 i 9.14.4 przedstawiono przykłady wykonania anteny z przeciwwagą ciągłą i złożoną z dwóch zachodzących na siebie płaszczyzn. Jako izolatora użyto warstwy styropianu o grubości 20 mm. Oporność wejściowa anteny jest stosunkowo niska, ale oprócz niej występuje również

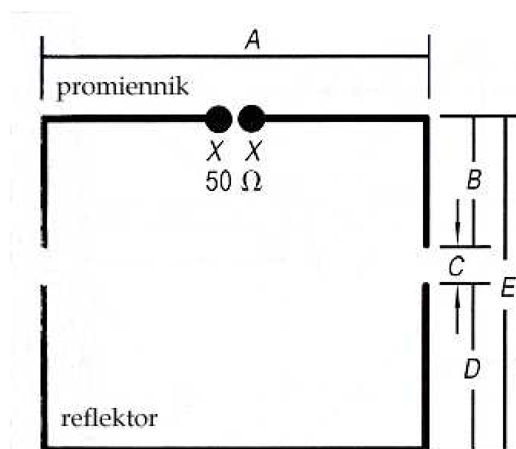
składowa o charakterze idukcyjnym. Autor opisu DJ5AT ("UKW-Berichte" 2/1991) użył dopasowania pojemnościowego (C1 i C2) i uzyskał w całym paśmie współczynnik fali stojącej poniżej 1,5.



Rys. 9.14.4. Antena z przeciwwagą złożoną z dwóch płaszczyzn

Podane przez autora wymiary anteny wynoszą:
- średnica d = 2 * l / PI (l – λ) = 45 cm,
- szerokość szczeliny s = 0,1 * d / 2 = 4 cm,
- pojemności dopasowujące C1 = 1,7 pF, C2 = 5,4 pF.

9.15. Anteny Moxona na pasma 70 cm, 2 i 6 m



Rys. 9.15.1. Szkic konstrukcyjny anteny Moxona

Jako uzupełnienie do opisanej uprzednio konstrukcji anteny Moxona dla pasm głównie krótkofalowych w tabeli 9.15.1 przedstawiany kilka wariantów anteny dla pasm 70 cm, 2 i 6 m. Zysk kierunkowy wynosi ok. 4 dBd, stosunek tłumienia tył/przód 25 dB, szerokość listka głównego w poziomie 78 stopni, a w pionie 140 stopni; impedancja wejściowa około 50 Ω i WFS poniżej 1,2.

Tabela 9.15.1

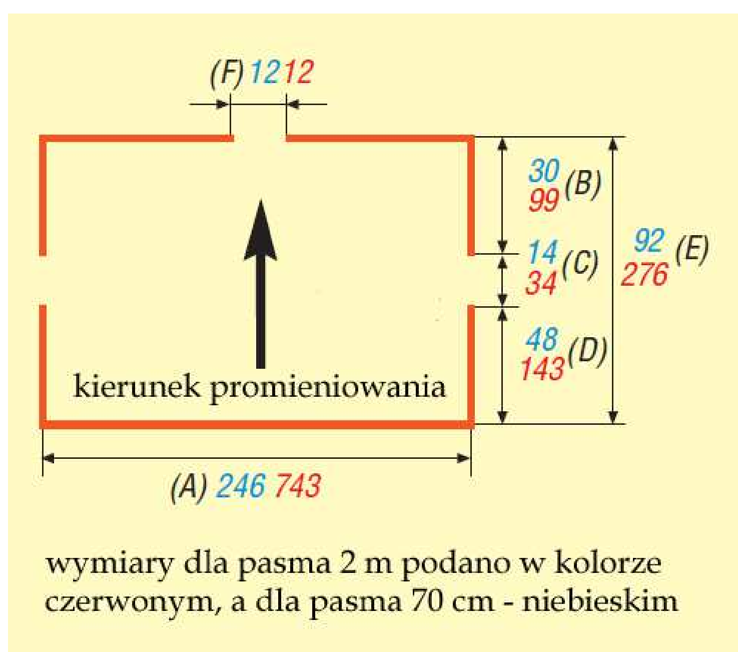
Pasmo	**70 cm**	**2 m**				**6 m**
Średnica elementu [mm]		**2,4**	**3,2**	**4**	**5**	**1**
A [mm]	249	744	744	744	742	2180
B [mm]	32	104,5	102	99,5	98	323
C [mm]	17	37	39	42	43	–
D [mm]	46	141,5	141	141,5	141	400
E [mm]	95	275,5	275,5	275,5	276	795

W numerze 5/2013 „Funkamateura” opisana jest konstrukcja łatwych do wykonania anten Moxona na pasma 2 m i 70 cm. Opisane anteny dają zysk kierunkowy około 3,5 dB i charakteryzują się stosunkiem

przód/tył mniej więcej 20 dB. Ich wymiary podane są w tabeli 9.15.2. Do ich konstrukcji użyto prętów aluminiowych o średnicy 4 mm. Środkowe końcówki promiennika są wyklepane młotkiem na płask i wykonano w nich otwory o średnicy 2,5 mm. Można w nich nawiercić gwint M3. Antena jest zamontowana na plastikowej obudowie z przepustami M12 dla kabli. Końcówki reflektora i promiennika sa dla ich mechanicznego ustabilizowania połączone za pomocą rurki plastikowej. Szczegóły konstrukcyjne anteny i sposób podłączenia kabla RG-58 pokazano na ilustracjach. Wywiercony w dolnej ściance obudowy otworek o średnicy 2 mm zapewnia wymianę powietrza i usuwanie gromadzącej się wilgoci. Przy montażu anteny na zewnątrz dobrze jest zabezpieczyć śruby przed korozją za pomocą silikonu.

Tabela 9.15.2

Element	Pasmo 2 m	Pasmo 70 cm
Całkowita długość promiennika	2 x 464,5 mm	2 x 147 mm
Całkowita dlugość reflektora	1029 mm	342 mm
A długość prostego odcinka reflektora	743 mm	246 mm
B zagięty odcinek promiennika	99 mm	30 mm
C odstęp końców elementów	34 mm	14 mm
D zagięty odcinek reflektora	143 mm	48 mm
E odstęp elementów	276 mm	92 mm
F środkowy odstęp elementów promiennika	12 mm	12 mm



Rys. 9.15.2. Wymiary anteny dla obu pasm UKF

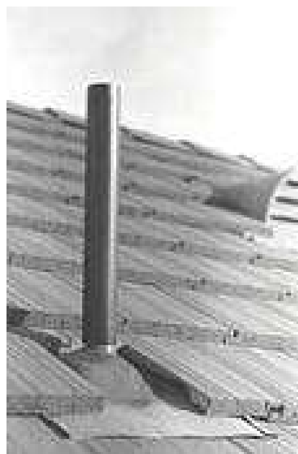
Fot. 9.15.3 – 9.15.5 Konstrukcja mechaniczna



Fot. 9.15.6. Anteny Moxona na pasma 2 m i 70 cm

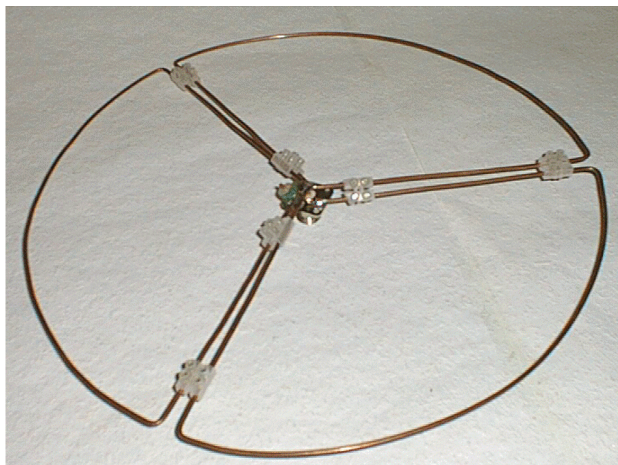
9.16. Ventenna

Pod nazwą „Ventenna” sprzedawane są anteny ukryte w rurce plastikowej i udające wylot kanału wentylacyjnego. Producent nie podaje wprawdzie szczegółów dotyczących konstrukcji wewnętrznej ale sam pomysł ukrycia w ten sposób anteny UKF jest godny uwagi i może stanowić inspirację dla konstruktorów dowolnych rozwiązań.

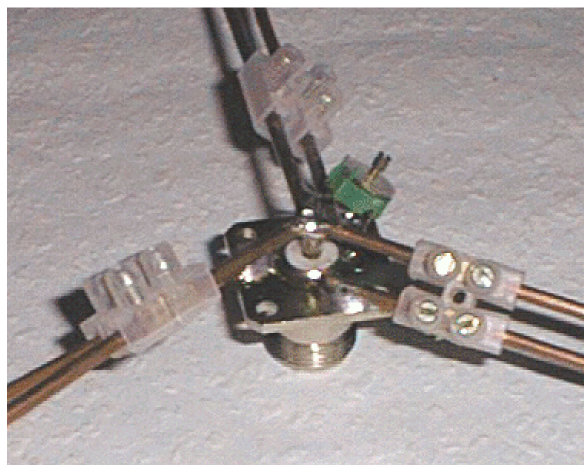


Fot. 9.16.1. „Ventenna” na dachu domu

9.17. Antena okrągła „Big Wheel”

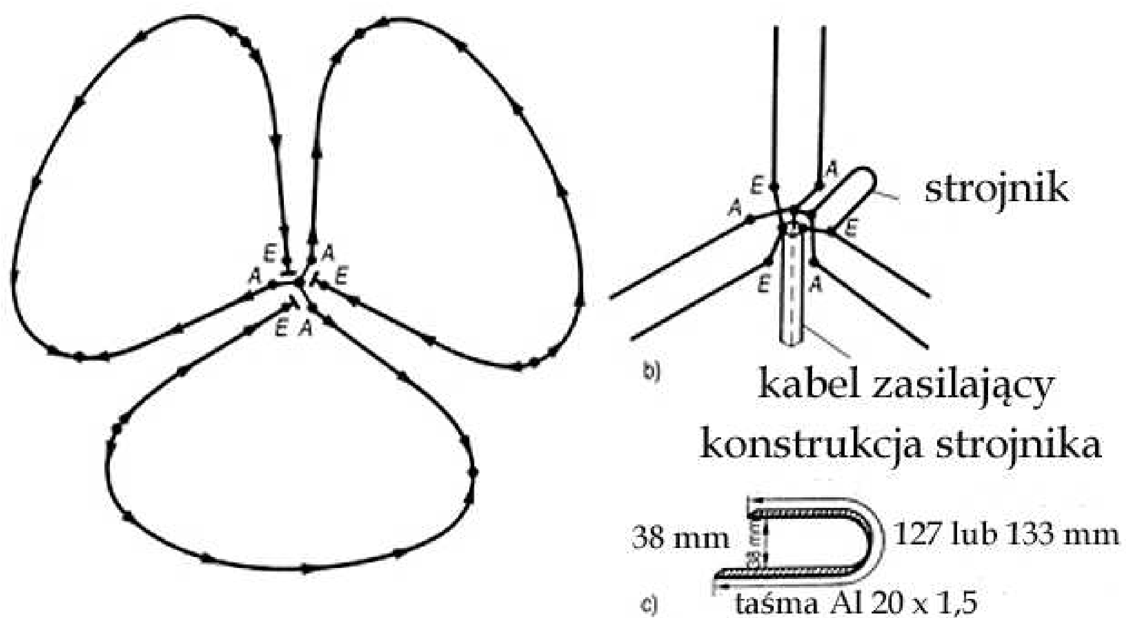


Fot. 9.17.1. Konstrukcja anteny na pasmo 70 cm

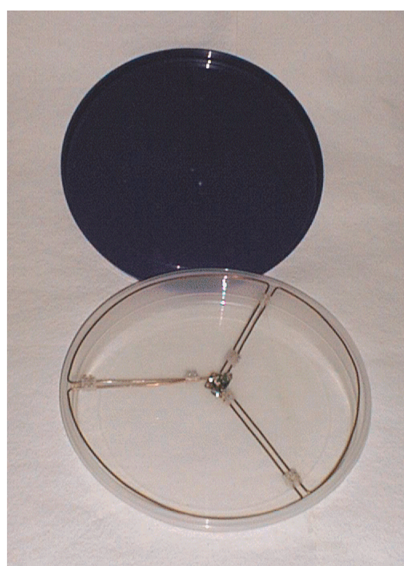


Fot. 9.17.2. Środkowy element anteny

Antena „Big Wheel” składa się z trzech całofalowych pętli połączonych równoległe w punkcie zasilania (pętle są zasilane synfazowo – w tej samej fazie). Części każdej z pętli o długości połówki fali stanowią 1/3 okręgu zewnętrznego, który ma w sumie długość 1,5 λ. Pozostałe dwie części każdej z pętli mają długości λ/4 i są ułożone promieniście – stanowią swego rodzaju szprychy koła. Ich promieniowanie kompensuje się więc faktycznie promieniującymi częściami anteny są zewnętrzne półfalowe fragmenty pętli. Równoległe połączenie pętli powoduje, że impedancja wejściowa anteny wynosi w przybliżeniu 20 Ω. Dla dopasowania do standardowej linii zasilającej o impedancji falowej 50 Ω pętle zostały lekko skrócone a dla skompensowania powstającej w wyniku tego składowej pojemnościowej użyto równoległego strojnika.
Przy montażu poziomym antena ma polaryzację poziomą, a w literaturze podawany jest zysk rzędu 2,7 dBd. Na rys. 9.17.3 podane są wymiary strojnika dla pasma 2 m. Dla pasma 70 cm wymiary anteny i strojnika są trzykrotnie mniejsze.
Anteny „Big Wheel” są stosunkowo szerokopasmowe, i tak przykładowo dla anten na pasmo 2 m uzyskuje się WFS poniżej 1,5 w zakresie 142 – 150 MHz.
Gotową antenę daje się łatwo ukryć w jakiejś obudowie plastikowej.



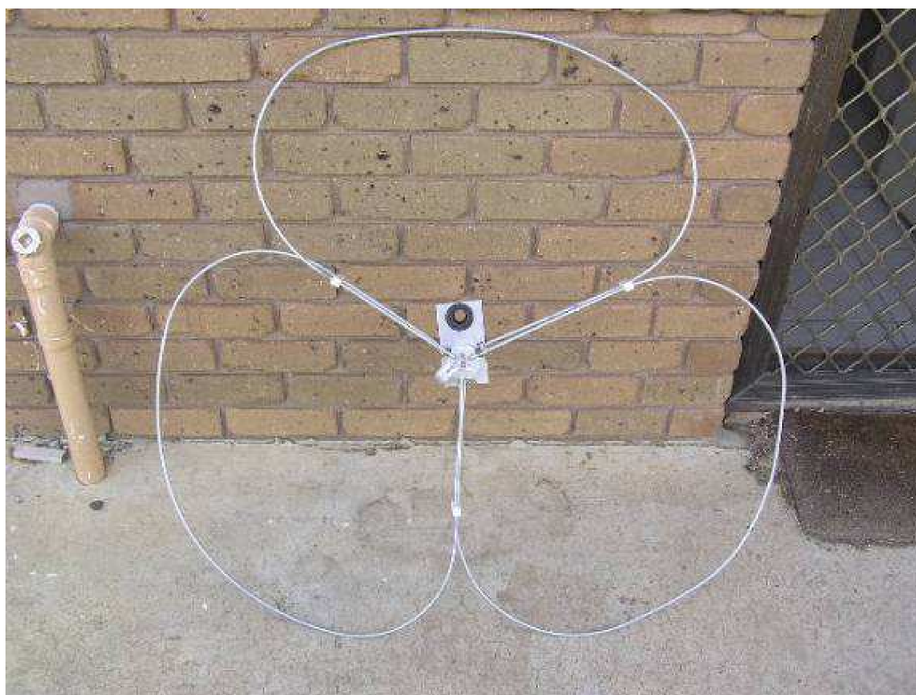
Rys. 9.17.3. Konstrukcja anteny. Końcówki A są połączone ze środkowym kontaktem gniazdka, a E – z masą



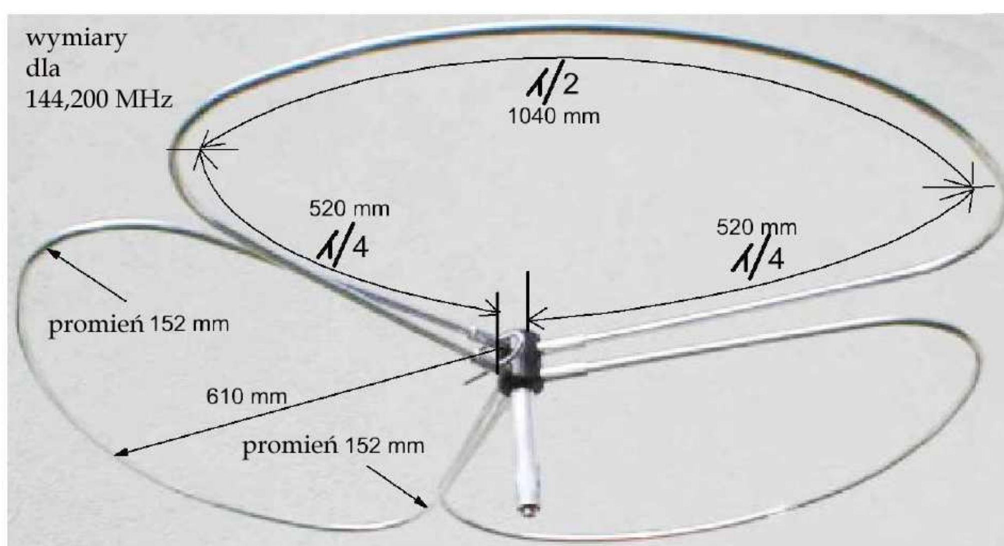
Fot. 9.17.4. Antena na 430 MHz w plastikowym pudełku



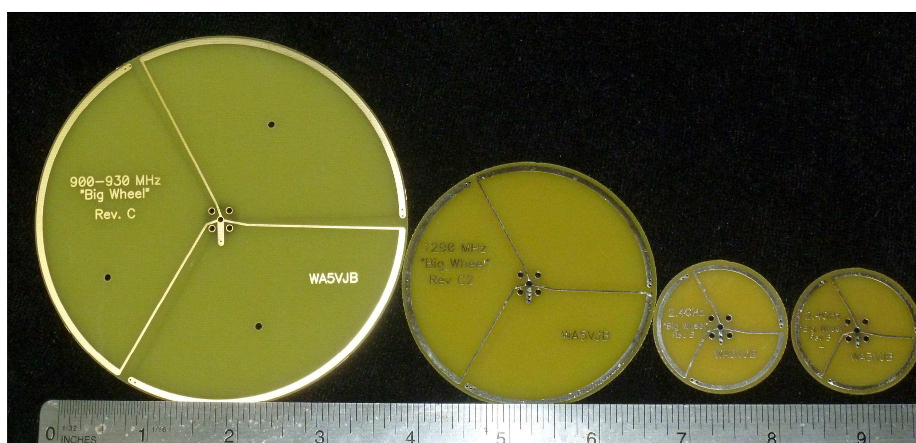
Fot. 9.17.5. Szczegóły konstrukcji strojnika i środkowej części anteny



Fot. 9.17.6. Antena „Big Wheel” na 145 MHz wykonana z drutu



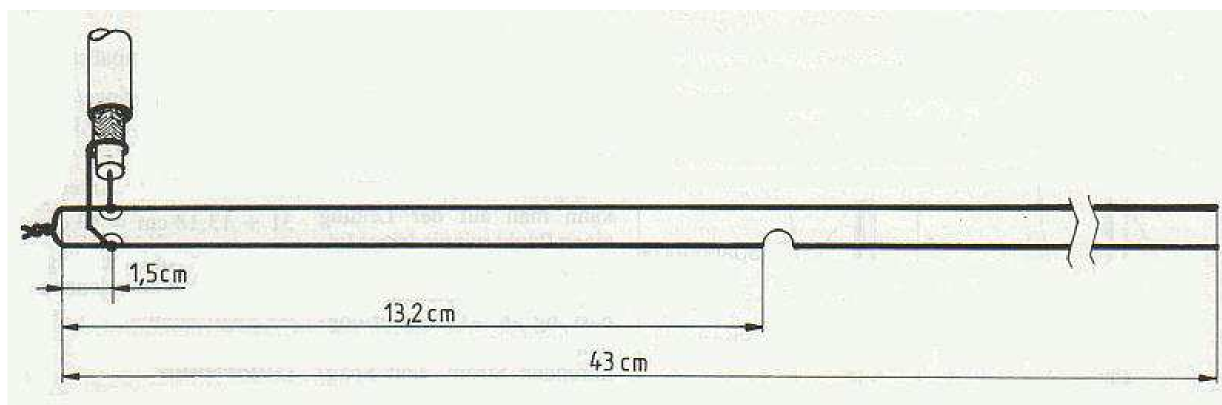
Rys. 9.17.7. Wymiary anteny na pasmo 2 m



Fot. 9.17.8. Anteny na wyższe pasma można wykonać na płytce drukowanej

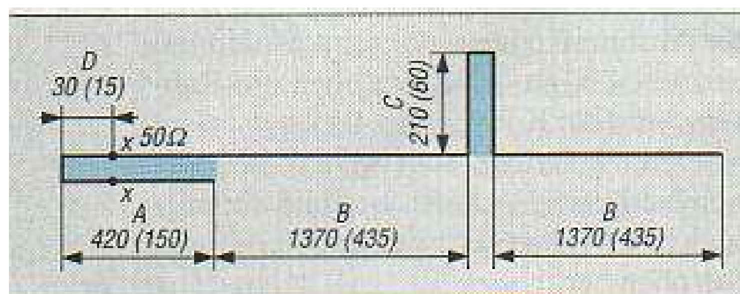
9.18. Anteny J na pasma 144 i 430 MHz

Anteny typu J są półfalowymi dipolami zasilanymi na jednym z końców poprzez ćwierćfalowy odcinek dopasowujący. Nie wymagają więc stosowania przeciwwag. Dalszą ich zaletą jest stosunkowa łatwość wykonania z odcinka kabla płaskiego itp. Po zwinięciu jest ona łatwa do zabrania z ręczną radiostacją i do rozwieszenia w różnych warunkach.
W przedstawionym przykładzie antena na pasmo 430 MHz wykonana jest z 43 cm odcinka kabla płaskiego o oporności falowej 300 Ω. Dla obliczenia długości odcinka transformującego przyjęto wartość katalogową współczynnika skrócenia – 0,85. Dla częstotliwości 435 MHz (fala 0,689 m) otrzymuje się jego długość 13,18 cm. Dla przewodu nieizolowanego współczynnik ten wynosi 0,95 dlatego też dla półfalowej części anteny, składającego się tylko z jednego zasilanego przewodu kabla przyjęto wartość średnią 0,9. Stąd też otrzymuje się długość części półfalowej równą 31 cm i całkowitą długość anteny – 43 cm. Obie żyły kabla są ze sobą zwarte i zlutowane na końcu odcinka transformującego. Punkt o oporności falowej 50 Ω leży w przybliżeniu w odległości 1,5 cm od zwarcia. W tym miejscu należy ostrożnie usunąć izolację i przylutować kabel zasilający jak to pokazano na ilustracji. W miejscu zakończenia transformatora należy przeciąć żyłę kabla płaskiego, do której dołączony jest ekran. Najlepiej wyciąć w tym miejscu odcinek o długości 2 cm.



Rys. 9.18.1. Antena typu J wykonana z kabla płaskiego

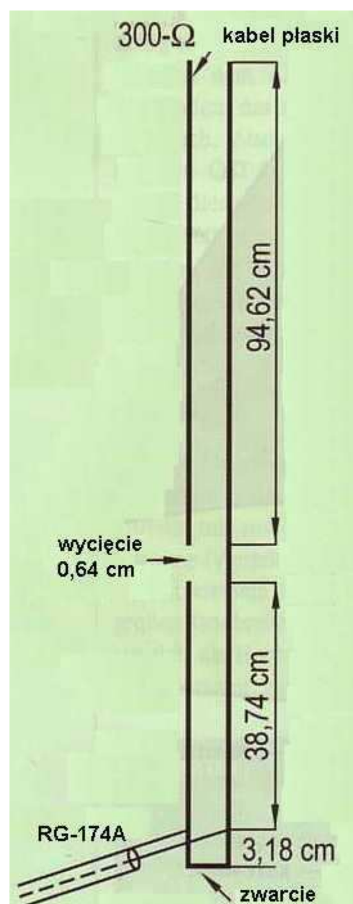
Antena J dla pasm 2 m i 70 cm (rys. 9.18.2) wykonana jest z telewizyjnego kabla płaskiego o oporności falowej 240 Ω. Wymiary podane na rysunku przed nawiasami odnoszą się do pasma 2 m, a wymiary w nawiasach – do pasma 70 cm. W odróżnieniu od zwykłych anten J składa się ona z dwóch kolinearnych dipoli połączonych ze sobą za pomocą płaskiego elementu dopasowującego. Zysk antenowy jest o 4 dB większy niż dla pionowej anteny ćwierćfalowej.

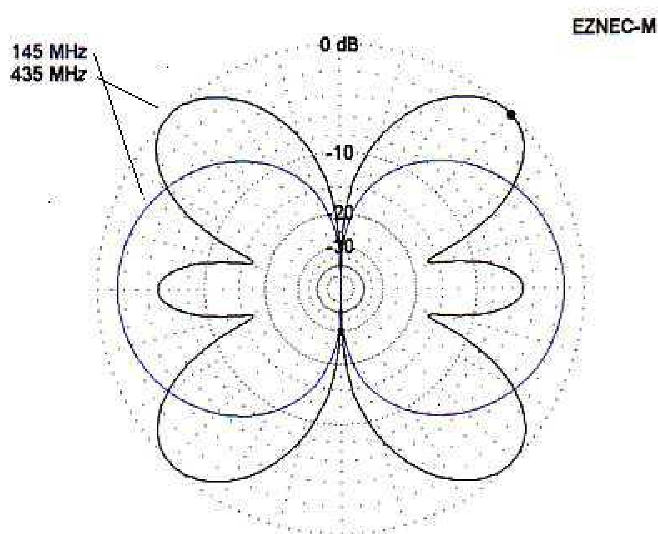


Rys. 9.18.2. Wymiary anteny dla pasm 2 m i 70 cm (w nawiasach)

Przedstawiona na ilustracji 9.18.3 antena J pracująca w paśmie 2 m jest wykonana z płaskiego kabla o oporności falowej 300 Ω, który może być umieszczony wewnątrz rury plastikowej dla ochrony przed wpływami otoczenia. Zasadniczo antena taka powinna pracować prawidłowo również na trzeciej harmonicznej czyli w paśmie 70 cm i na pozostałych nieparzystych harmonicznych. W paśmie 70 cm obserwuje się jednak straty dochodzące do 6-7 dB w stosunku do częstotliwości podstawowej. Charakterystyka promieniowania anteny zmienia się w sposób przedstawiony na ilustracji 9.18.4. Jak

widać znaczna część energii jest promieniowana pod kątem 45 ° w stosunku do anteny, a nie w kierunku poprzecznym jak dla częstotliwości podstawowej. Przyczyną zmiany charakterystyki promieniowania jest fakt, że na długości wibratora odkładają się trzy połówki fali przy czym jedna z nich ma fazę przeciwną do dwóch pozostałych.

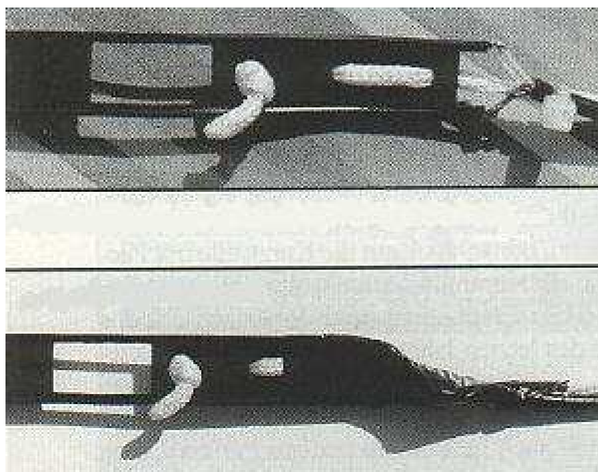




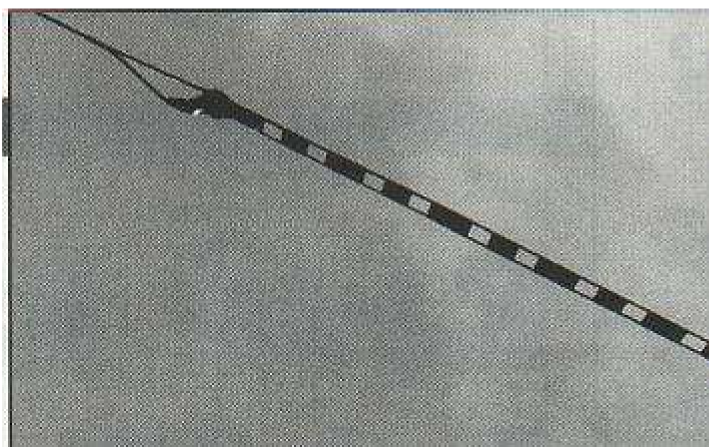
Rys. 9.18.3. Wymiary anteny Rys. 9.18.4. Charakterystyki promieniowania

9.19. Antena J na pasmo 50 MHz

Antena, opisana w miesięczniku "Funk" 7/2000 przez DJ3RW jest wykonana z odcinka kabla płaskiego o oporności 450 Ω. W wykonaniu klasycznym (z odkrytego przewodu lub rurki) miejsce optymalnego dopasowania łatwo znaleźć przesuwając punkt podłączenia kabla i mierząc współczynnik fali stojącej (WFS). W przedstawionej konstrukcji jest to utrudnione przez izolację kabla, dlatego też konstruktor zrezygnował z zasilania równoległego stosując przedstawione na drugiej ilustracji zasilanie szeregowe. Przyjmując dla dostępnego w handlu kabla współczynnik skrócenia 0,905 otrzymujemy długości obu części kabla odpowiednio 1,35 m i 2,57 m dla częstotliwości 50,2 MHz. Znacznie lepsze dopasowanie konstruktor uzyskał jednak skracając odcinek dwuprzewodowy do 1,21 m i ekperymentując nieco z długością odcinka jednoprzewodowego. Odcinek ten może mieć długość wielokrotności λ/2, jeżeli pozwala na to miejsce. Antena jest zawieszona pionowo.
Dla zwiększenia skuteczności anteny autor zaleca aby kabel zasilający miał długość równą wielokrotności połówki fali. Obliczając długość kabla należy uwzględnić współczynnik skrócenia, który dla kabli z pełną izolacją polietylenową (np. RG-58, RG-213) wynosi 0,66. Poprawa skuteczności anteny jest spowodowana tym, że kabel zasilający służy jednocześnie jako przeciwwaga.



Fot. 9.19.1. Podwiązanie i zabezpieczenie kabla zasilającego przed wpływami atmosferycznymi



Fot. 9.19.2. Widok części anteny

9.20. Pętlowe anteny „Halo” na pasma 50, 144 i 432 MHz

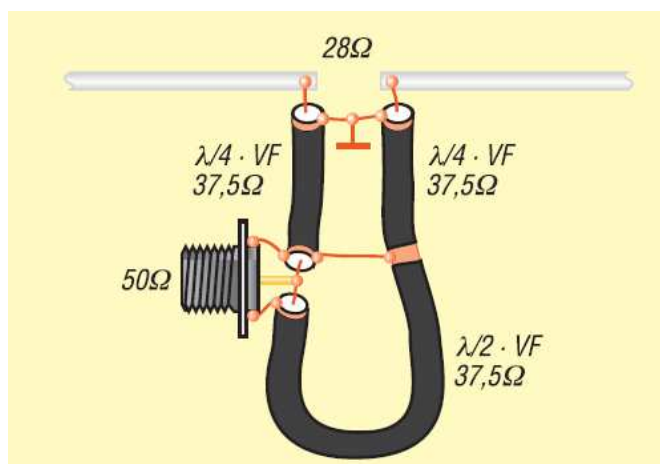
Antena „Halo” jest anteną dipolową, w której ramiona zostały zagięte tak aby tworzyły okrąg. Dzięki temu antena ma nie tylko mniejsze wymiary w porównaniu z prostym dipolem ale zapewnia również prawie dookólną charakterystykę promieniowania. Do konstrukcji anten można użyć oprócz pokazanych dalej prętów i rurek metalowych również płaskowników.
Opisana w nr 8/2007 miesięcznika „Funkamateur” antena została skonstruowana z prętów o średnicy 4 mm i o długości 2 x 490 mm (dla częstotliwości 144,3 MHz). Średnica okręgu wynosi 38 cm co pozwala na utrzymanie wystarczająco dużego odstępu między końcami ramion.
Oporność promieniowania dipola wynosi w przybliżeniu 25 Ω, co pozwala na dopasowanie jej do kabla 50 Ω w sposób stosowany w technice 28-omowej, tzn. za pomocą dwóch połączonych równolegle ćwierćfalowych odcinków koncentrycznego kabla 75 Ω.



Fot. 9.20.1. Antena „Halo”

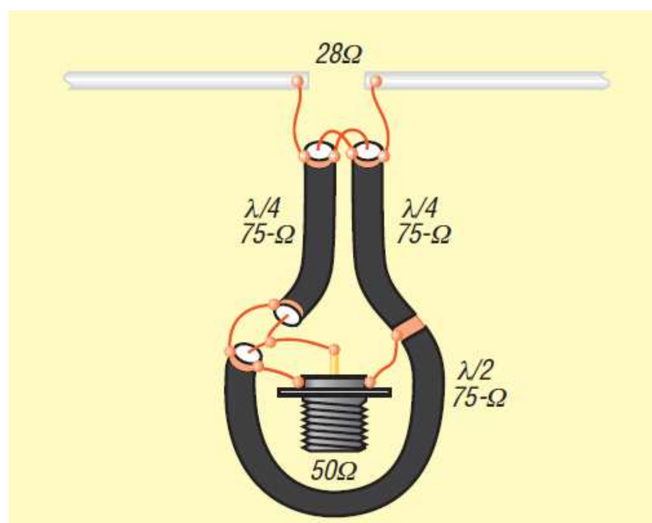


Fot. 9.20.2. Skrzynka przyłączeniowa z transformatorem dopasowującym



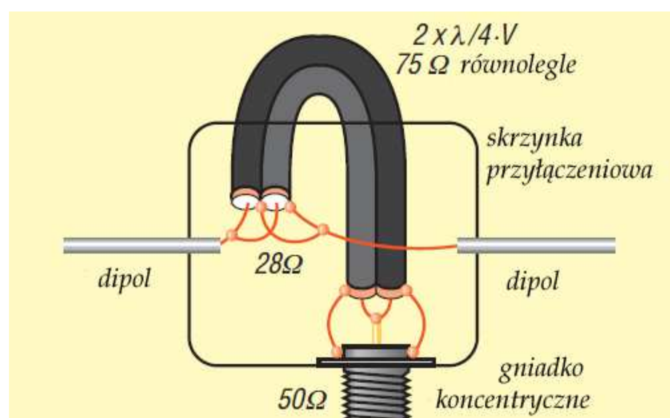
Rys. 9.20.3. Symetryzator koncentryczny z dopasowaniem z 28 Ω na 50 Ω. VF jest współczynnikiem skrócenia

Do wykonania symetryzatora można użyć połączonych równolegle odcinków 75-omowego kabla RG-179 lub odcinków sztywnego kabla 35 Ω typu SM141-35.



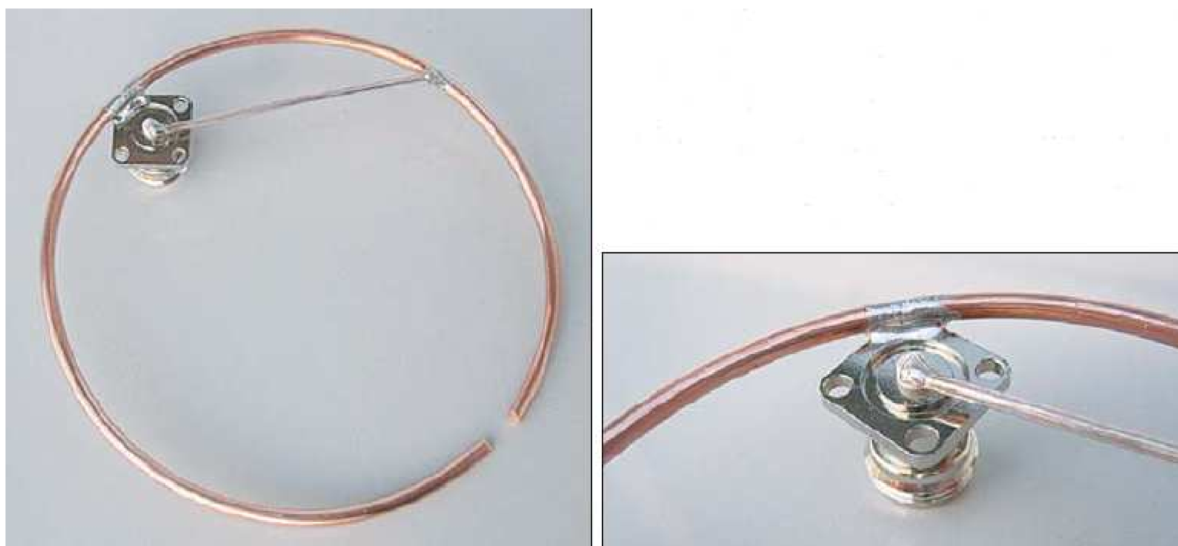
Rys.9.20.4. Symetryzator koncentryczny z dopasowaniem z 28 Ω na 50 Ω. (źródło FA 2/2010)

W symetryzatorze z rys. 9.20.4 zastosowano odcinki kabla RG-179. Użycie kabla o impedancji falowej 50 Ω umożliwia dopasowanie anteny o impedancji wejsciowej 12,5 Ω do linii zasilającej 50 Ω. Również i w tym wykonaniu konieczne jest uwzględnienie współczynnika skrócenia.



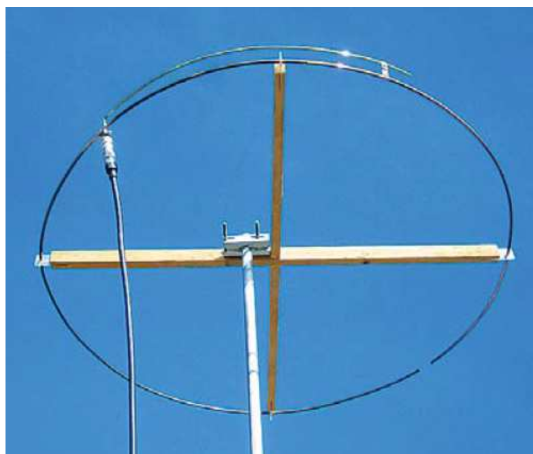
Rys. 9.20.5. Dopasowanie impedancji 28 Ω do 50 Ω za pomocą odcinków kabla RG-179 bez symetryzacji (źródło FA 2/2010), V oznacza współczynnik skrócenia

Dostrojenie anteny do częstotliwości pracy (na minimum WFS) odbywa się przez skracanie długości elementów (dlatego każdy z nich powinien być początkowo o 5 mm dłuższy od wartości podanej wyżej) i przez zmianę odległości końców.
W numerze 3/2012 FA opisana jest z kolei antena Halo na pasmo 432,200 MHz. Antena ma średnicę 11 cm i jest wykonana z miedzianego przewodu lub pręta o średnicy 3,6 mm. Długość promiennika wynosi 340 mm. 50-omowa linia zasilająca jest dopasowana za pomocą transformatora gamma.
Kołnierz gniazdka koncentrycznego jest przylutowany do promiennika na dlugości 4 mm. Transformator gamma ma długość 66 mm i jest wykonany z posrebrzanego przewodu miedzianego o średnicy 2 mm. Jego koniec jest przylutowany do promiennika w odległości 78 mm od środka. Dla częstotliwości 432,200 MHz uzyskano WFS = 1,0, a dla 432,800 MHz (czyli w paśmie radiolatarni) 1,08. Szerokość promieniowanej wiązki na poziomie -3 dB wynosi w przybliżeniu 100°.



Fot. 9.20.6. Antena Halo na 432 MHz

Przedstawiona w numerze 6/2011 FA antena „Halo” na pasmo 50 MHz ma średnicę 930 mm i jest zasilana kablem 50-omowym poprzez transformator gamma. Jej zysk kierunkowy wynosi -3 dBd. Pętla anteny jest umieszczona na krzyżaku drewnianym wykonanym z poprzeczek o wymiarach 890 x 34 x 18 mm. Do konstrukcji promiennika użyto rurki miedzianej o średnicy zewnętrznej 6 mm, grubości scianek 1 mm i długości 2,91 m, a na transformator gamma – 60 cm rurki lub przewodu o średnicy 4 mm. Średnica anteny wynosi 0,927 m.



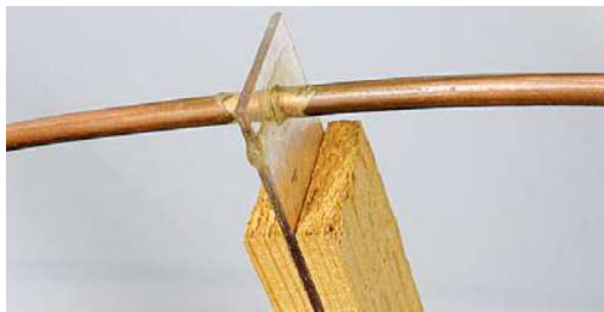
Fot. 9.20.7. Antena „Halo” na pasmo 6 m

Gniazdko koncentryczne jest przylutowane do promiennika na środku jego długości, a do połączenia transformatora gamma z promiennikiem użyto płaskownika miedzianego o grubości 0,8 mm, wygiętego

tak, aby stanowił dwie połączone obejmy (można go wyciąć z blachy miedzianej). Położenie zwieracza należy dobrać na minimum WFS. Odległość przewodu transformatora od promiennika wynosi 40 mm.







Fot. 9.20.8. Szczegóły montażu transformatora Fot. 9.20.9. Szczegóły montażu na końcach krzyżaka



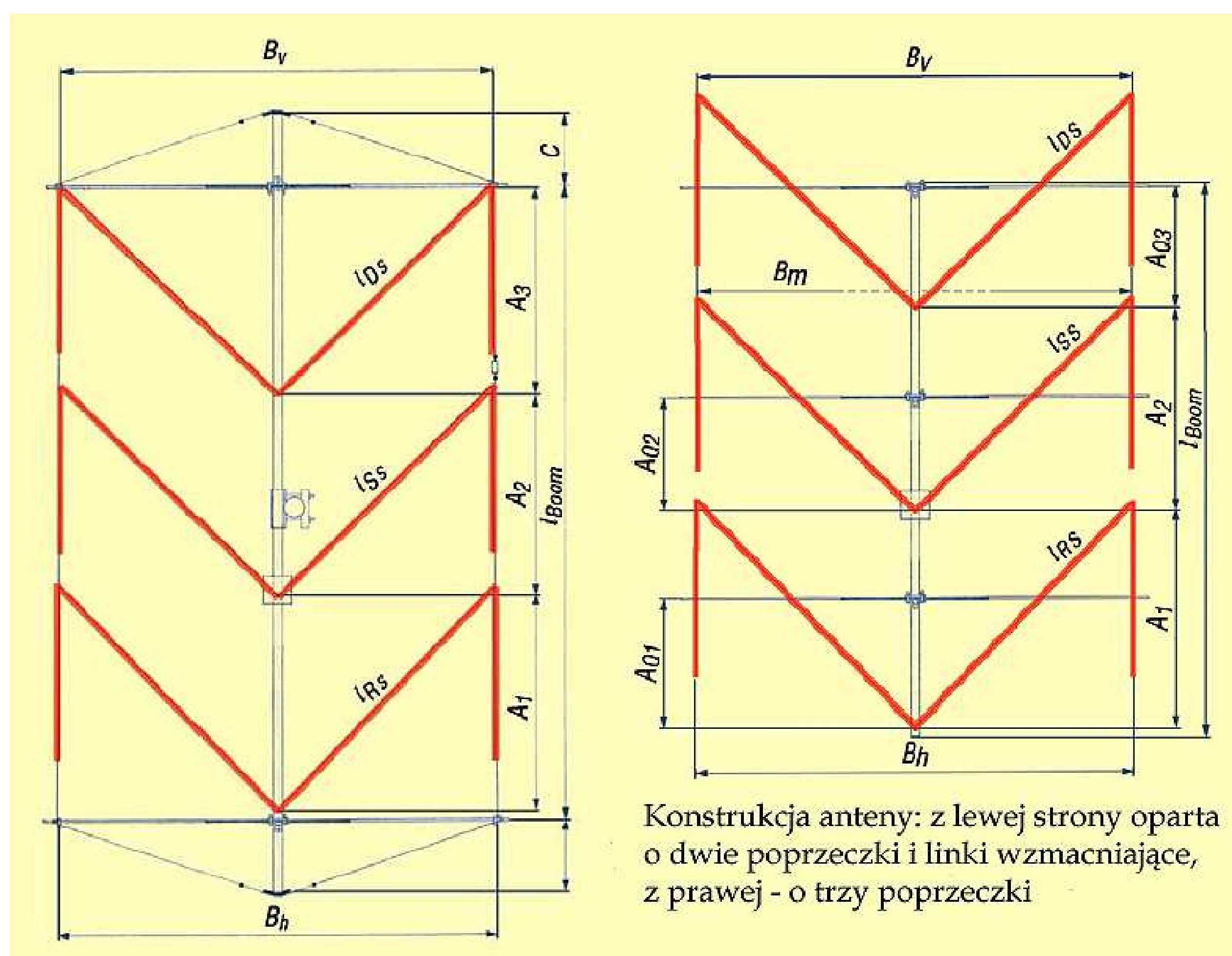
Fot. 9.20.10. Prostokątna antena „Halo" z transformatorem gamma wykonana z rurki aluminiowej



Rys. 9.20.11. Konstrukcja anteny „Halo" z transformatorem gamma na pasmo 50 MHz

9.21. Wieloelementowe anteny M na pasmo 50 MHz

Elementy opisanej w nrach 2/2012 i 3/2012 „Funkamateura" anteny są załamane na kształt litery M i stąd pochodzi jej nazwa. Konstrukcja na pierwszy rzut oka wykazuje pewne podobieństwo z antenami Moxona i pochodnymi ale tutaj wszystkie elementy są zwrócone w tym samym kierunku, a więc konstrukcja stanowi pewną odmianę anten Yagi. Podobnie jak tam dzięku załamaniu elementów uzyskuje się znaczne zmniejszenie zewnętrznych wymiarów anteny – do 2,46 m długości i 2,56 m szerokości. Oprócz instalacji w stałym QTH mantena M jest także wygodna do użytku w plenerze. Wymiary trzyelementowej anteny M złożonej z promiennika, reflektora i pojedyńczego direktora podano w tabeli 9.21.1.
W podanym wykonaniu antena pokrywa zakres 50 – 52 MHz z zyskiem 6 dBd i szerokością wiązki głównej około 60 stopni. Stosunek siły sygnałów przód/tył jest lepszy od 22 dB. Impedancja wejściowa wynosi 12,5 Ω, co wymaga zastosowania transformatora dopasowującego o przekładni 1:4. Szerokość pokrywanego pasma przy WFS poniżej 1,5 jest równa 450 kHz, a przy WFS nie przekraczającym 2 – 780 kHz.



Rys. 9.21.1. Wymiary anteny 3-elementowej

Tabela 9.21.1
Wymiary 3-elementowej anteny M dla pasma 6 m dla pręta aluminiowego o średnicy 8–10 mm. Symbole wymiarów zgodne z rysunkiem 9.21.1

Wymiar	Direktor	Promiennik	Reflektor
Całkowita długość przewodu lub pręta [m]	3,091	3,186	3,235
Długość ramienia [m]	1,083	1,090	1,103
Odstęp reflektor-promiennik A1 [m]	1,136		

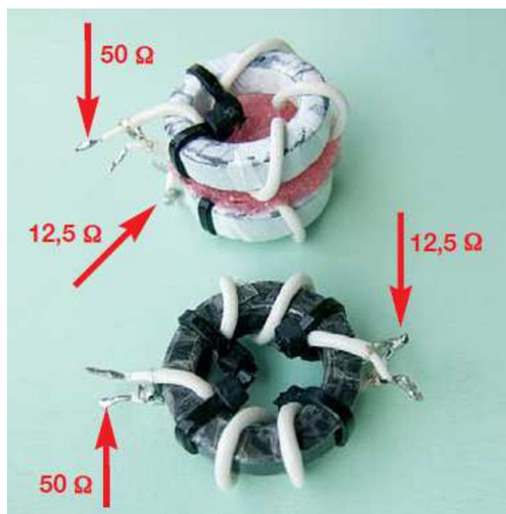
Odstęp promiennik-direktor A2 [m]	0,913
Poprzeczka 1 A01 [m]	0,510
Poprzeczka 2 A02 [m]	0,450
Poprzeczka 3 A03 [m]	0,412
Szerokość z przodu Bv [m]	1,533
Szerokość na środku Bm [m]	1,593
Szerokość z tyłu Bh [m]	1,561
Poprzeczka 3 [m]	1,583
Poprzeczka 2 [m]	1,593
Poprzeczka 1 [m]	1,611
Długość nośnika lBoom [m]	2,461
Całkowita długość nośnika GeslBoom [m]	2,476
Minimalne odstępy w górę/dół [m]	0,48
Minimalny odstęp do tyłu [m]	1,00



Fot. 9.21.2. Widok gotowej anteny

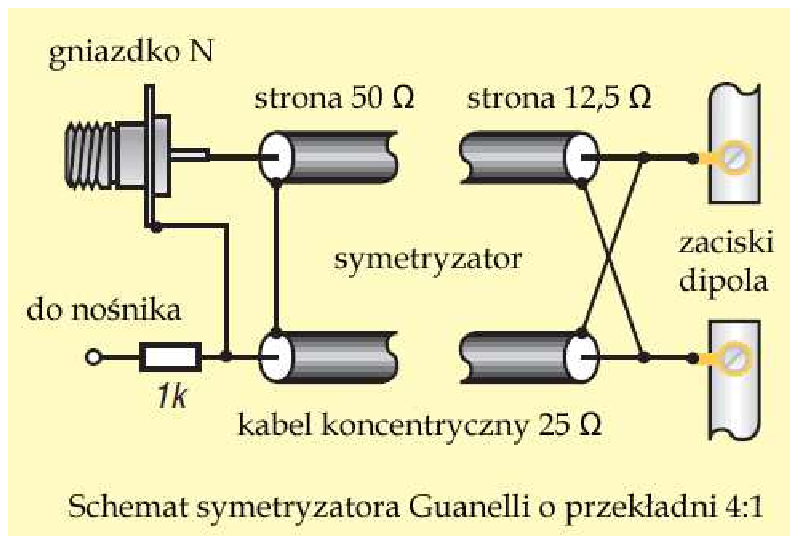


Fot. 9.21.3. Skrzynka przyłączeniowa z transformatorem 4:1



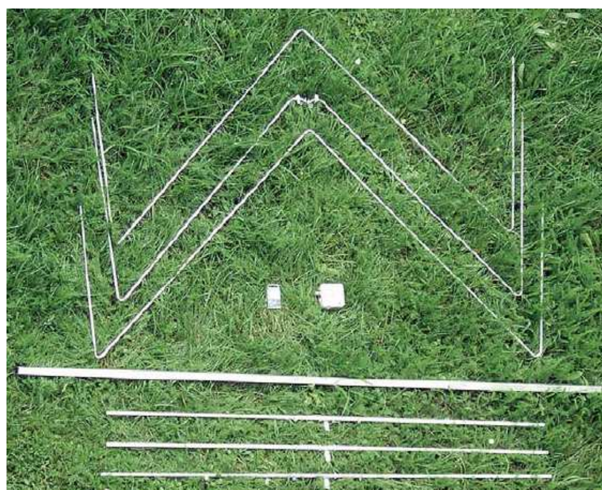
Fot. 9.21.4. Transformatory nawinięte na jednym lub dwóch rdzeniach FT114-61 pokrywające zakres 10 – 160 MHz

Do nawinięcia transformatora dopasowującego (w opisie – transformatora na zasadzie Guanelli) można użyć rdzeni ferrytowych FT z materiału 61 (dla zakresu 10 – 160 MHz), 43 (dla zakresu 1 – 50 MHz) lub 77 (dla zakresu 0,5 – 30 MHz). Autor konstrukcji użył tutaj dwóch rdzeni FT114-61, co umożliwia pracę z mocą 100 W.



Rys. 9.21.5

Symetryzator o przekładni 4:1 jest nawinięty kablem koncentrycznym TF25 o izolacji teflonowej i zawiera dwa razy po cztery zwoje na rdzeniach lub rdzeniu pierścieniowym. Nawijając transformator na pojedyńczym rdzeniu należy zwrócić uwagę aby oba uzwojenia znajdowały się możliwie daleko od siebie. Opornik 1 kΩ służy do odprowadzenia ładunków statycznych do uziemionego nośnika i do masztu anteny.
Transformator dopasowujący pokrywa zakres 10 – 160 MHz ale jego szerokopasmowość można porawić za pomocą dodatkowej kompensacji pojemnościowej. Po stronie 50 Ω wymaga to równoległego podłączenia kondensatora 3 – 6 pF, a po stronie wtórnej – kondensatora 27 – 33 pF. Doskonale nadają się do tego ceramiczne kondensatory tarczowe o wytrzymałości napięciowej 500 V.



Fot. 9.21.6. Elementy anteny przygotowane do montażu

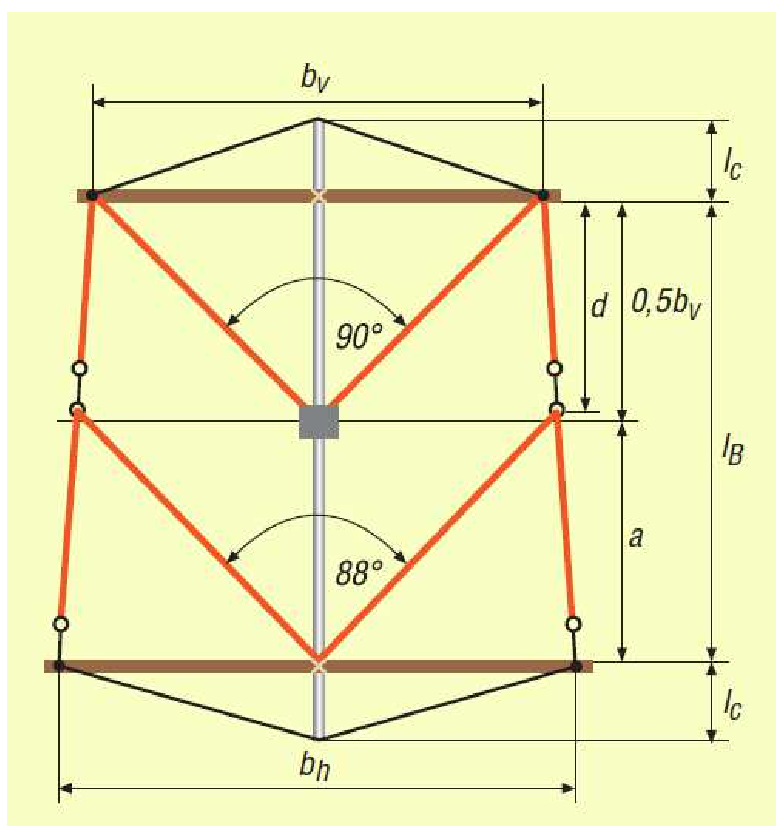
Dla uniknięcia konieczności stosowania transformatora dopasowującego promiennik może być wykonany jako dipol pętlowy.

W numerze 5/2010 FA DG1KW opisuje dwuelementową antenę M również na pasmo 6 m. Antena daje zysk 3,5 – 3,8 dBd przy stosunku przód/tył > 20 dB, impedancja wejściowa promiennika wynosi 25 –

28 Ω, dopasowanie do impedancji 50 Ω za pomocą transformatora ćwierćfalowego wykonanego z kabla koncentrycznego, szerokość promieniowanej wiązki 72 stopnie w płaszczyźnie E i 135 stopni w płaszczyźnie H. Do konstrukcji anteny użyto przewodu miedzianego od instalacji elektrycznych o przekroju 10 mm2 w izolacji PCV. Całkowita dlugość przewodu wynosi 6,7 m. W transformatorze dopasowującym użyto 2,1 m kabla współosiowego RG-59 o impedancji falowej 75 Ω.

Tabela 9.21.2. Wymiary dwuelementowej anteny M dla częstotliwości 50,2 MHz (fali 5,976 m). Oznaczenia wymiarów z rysunku 9.21.7

Wymiar	Promiennik	Reflektor
Długość dla współczynnika skrócenia 1,000 [m]	3,247	3,383
Długość dla współczynnika skrócenia 0,957 [m]	3,107	3,238
Odstęp reflektora od promiennika a [m]	0,747	
Szerokość anteny z przodu bv [m]	1,494	
Szerokość anteny z tyłu bh [m]	1,524	
Długość nośnika lB [m]	1,494	
Występy do naciągu linki z przodu i z tyłu lc [m]	0,25	
Całkowita długość nośnika lBges [m]	1,996	
Odstęp wierzchołków d [m]	0,699	

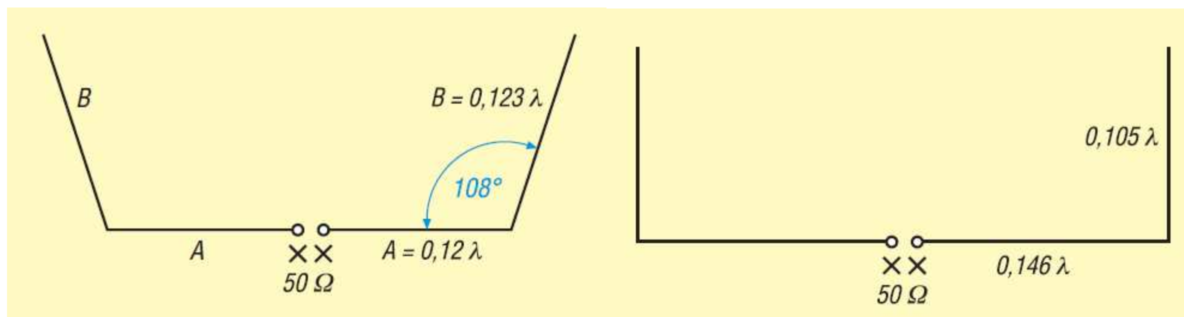


Rys. 9.21.7. Wymiary anteny dwuelementowej

Możliwe jest oczywiście wykonanie na podobnej zasadzie anten dla pasm 4 m, 2 m i 70 cm, a także na fale krótkie – w wersjach dwu- lub trzyelementowych.

9.22. Uzyskanie impedancji wejściowej 50 Ω przez zagięcie końców dipola

Impedancja wejściowa półfalowego dipola prostego wynosi w wolnej przestrzeni około 72 Ω. Daje to teoretycznie WFS równy 1,45 co jest wartością możliwą do przyjecia w praktyce amatorskiej. Dla anten umieszczonych w pobliżu ziemi (w stosunku do długosci fali) czyli w praktyce dla anten krótkofalowych ulega ona obniżeniu i zbliża się do pożądanych 50 Ω. Anteny ultrakrótkofalowe są umieszczone w większej odległości względnej od ziemi i dlatego też jej wpływ na obniżenie impedancji wejściowej jest mniejszy. Dopasowanie do standardowych kabli można uzyskać za pomocą różnego rodzaju transformatorów dopasowujących. Inną możliwością jest załamanie końców promiennika, przykładowo tak jak to pokazano na ilustracjach 9.22.1 – 9.22.2.



Rys. 9.22.1 Rys. 9.22.2



Fot. 9.22.3. Dipol załamany na pasmo 2 m



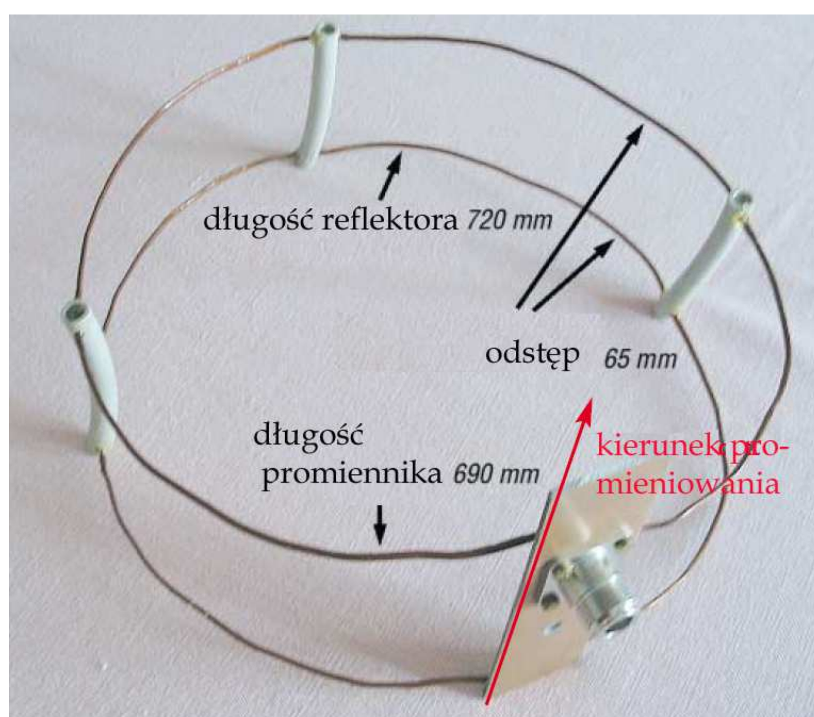
Rys. 9.22.4. Skrzynka przyłączeniowa anteny na pasmo 2 m z dławikiem

Tabela 9.22.1
Wymiary anteny z rys. 9.22.1

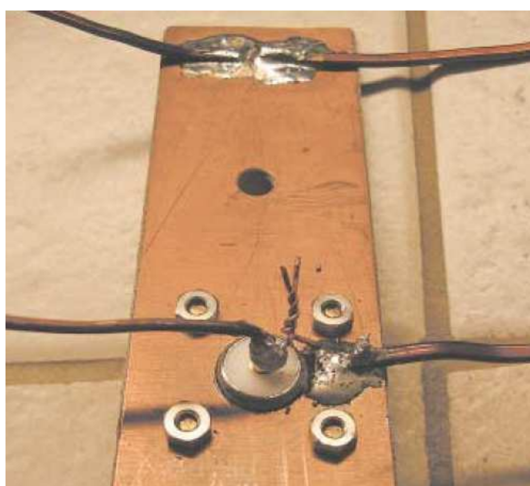
Pasmo [m]	Grubość elementu [mm]	A [mm]	B [mm[
2	4	250	258
4	6	505	530
6	8	720	745

9.23. Dwuelementowa antena pętlowa na pasmo 70 cm

Antena (FA 12/2006) składa sie z dwóch elementów: reflektora o długości 720 mm i promiennika o długości 690 mm zwiniętych w pętlę. Odległość między nimi wynowi 65 mm. Antena położona poziomo promieniuje falę o polarzyzcji pionowej, a ustawiona pionowo – falę o polaryzacji poziomej. Może więc ona służyć jako prosta antena do pracy emisjami SSB i CW. Widoczna na zdjęciu 9.23.1 antena została wykonana z płaskiego pręta miedzianego o wymiarach 3 x 1,5 mm ale może być to inny dowolny przewód miedziany lub posrebrzany o średnicach 1,5 – 2 mm. .
Impedancja wejściowa konstrukcji wynosi w przybliżeniu 50 Ω, a w miarę potrzeby do kompensacji składowej urojonej dokonuje się za pomocą kondensatora o małej pojemności skręconego z dwóch emaliowanych przewodów (fot. 9.23.2).



Fot. 9.23.1. Konstrukcja anteny



Fot. 9.23.2. Widok płytki nośnej z przylutowanymi końcówkami elementów i kondensatorem skręconym z przewodów emaliowanych

Dodatek A

Parametry wybranych rdzeni pierścieniowych firmy Amidon

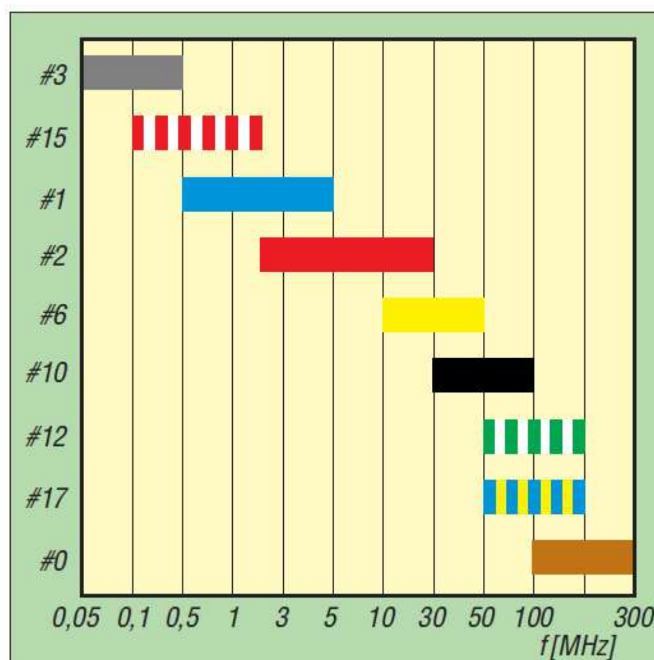
Do nawijania cewek obwodów rezonansowych, dławików w.cz. transformatorów, symetryzatorów itp. w zakresie fal krótkich i nie tylko szczególnie praktyczne są rdzenie pierścieniowe. W oparciu o podawany przez producenta współczynnik A_L można z wystarczającą dokładnością obliczyć indukcyjności uzwojeń, co w znacznym stopniu skraca i upraszcza proces strojenia obwodów. Ścieśnianie lub rozsuwanie zwojów na rdzeniu pozwala na niewielkie skorygowanie indukcyjności (przeważnie rzędu kilku procent).
Do najczęściej używanych w praktyce krótkofalarskiej rdzeni pierścieniowych należą rdzenie proszkowe i ferrytowe firmy Amidon. Rdzenie wykonywane są z materiałów o różnych przenikalnościach magnetycznych. Materiały te są w katalogach firmowych oznaczane numerami ale dla ułatwienia ich odróżnienia rdzenie proszkowe są lakierowane na różne kolory. W zakresie fal krótkich najczęściej znajdują zastosowanie rdzenie wykonane z materiałów 2 i 6 oznaczone odpowiednio kolorami czerwonym i żółtym. Rdzenie proszkowe są oznaczone literą T, po której następuje liczba oznaczająca średnicę zewnętrzną w setnych częściach cala. Ostatnia liczba, po kresce, jest numerem materiału. Rdzeń T50-2 jest więc rdzeniem proszkowym o średnicy 0,5 cala wykonanym z materiału nr 2.
Rdzenie ferrytowe noszą oznaczenia rozpoczynające się od liter FT po czym następuje średnica i oznaczenie materiału. O ile przenikalności magnetyczne rdzeni proszkowych leżą poniżej 90, o tyle dla ferrytowych dochodzą one do 15000, a dla rdzeni specjalnych nawet do 300000.
Rdzenie proszkowe wchodzą w nasycenie przy znacznie wyższych strumieniach magnetycznych i dlatego dobrze nadają się do pracy w obwodach większych mocy. Ich właściwości fizyczne ulegają też znacznie mniejszym zmianom w funkcji czasu i czynników zewnętrznych. Zasadniczo są one bardziej predystynowane do użytku w obwodach rezonansowych i dopasowujących anteny, natomiast rdzenie ferrytowe – do użytku w obwodach szerokopasmowych takich jak transformatory, symetryzatory itp.
Indukcyjność uzwojenia obliczna jest ze wzoru:
$L = A_L N^2$, gdzie A_L jest podawanym przez producenta współczynnikiem zależnym od rodzaju materiału i wymiarów rdzenia, a N – liczbą zwojów. Wpółczynnik A_L jest podawany w nH/zw.^{2} lub w µH/100 zw.^{2}.
Przykładowo dla rdzenia T94-2 o współczynniku A_L = 8,4 nH/zw.^{2} indukcyjność uzwojenia złożonego z 20 zwojów wynosi:
L = 8,4 nH/zw.^{2} $(20)^2$ = 8,4 x 400 = 3360 nH = 3,36 µH.
Liczbę zwojów potrzebną dla uzyskania wymaganej indukcyjności oblicza się natomiast ze wzoru:
$N = \sqrt{LA_L}$, gdzie A_L jest opisanym powyżej współczynnikiem, a L indukcyjnością uzwojenia w nH lub µH.
Każde przewleczenie przewodu przez otwór dzenia jest liczone jako jeden zwój. Do nawijania uzwojeń najlepiej jest używać przewodu miedzianego w emalii o możliwie największej pasującej średnicy. Dla zminimalizowania wpływu efektu zbliżenia zwoje powinny być jak najbardziej oddalone od siebie ale uzwojenie powinno zajmować najwyżej 75 – 80 % obwodu rdzenia aby zminimalizować wpływ pojemności pomiędzy jego końcami, o ile w opisie konstrukcji nie podano inaczej.
Dla większych obciążeń (prądów płynących w uzwojeniu) warto obliczyć niezbędną średnicę przewodu z poniższego wzoru:

$$d[mm] = 2{,}46 \frac{I[A]\sqrt[4]{f[MHz]/\gamma}}{\sqrt{\Delta T[°K]}}$$

, gdzie I jest prądem płynącym w uzwojeniu, f – częstotliwością, ΔT – maksymalną dopuszczalną różnicą temperatur przewodu i otoczenia w °K, a γ przewodnością właściwą materiału wynoszącą dla miedzi 57 m / Ω mm^2 a dla srebra 67 m / Ω mm^2.
Zakładając maksymalną temperaturę powietrza 40 °C i maksymalną temperaturę uzwojenia 85°C, a więc różnicę 45°K otrzymujemy przy prądzie w.cz. 3 A w paśmie 3,5 MHz minimalną średnicę przewodu 0,48 mm, a dla częstotliwości 30 MHz – 0,94 mm. W obliczeniach przyjmuje się średnią wartość prądu wielkiej częstotliwości. Dla telegrafii jest więc to (z marginesem bezpieczeństwa) 50 % wartości szczytowej, dla fonii SSB – 30%, a dla modulacji FM i części emisji cyfrowych – 100%.

Tabela A.1
Prarametry wybranych rdzeni proszkowych firmy Amidon. Materiał czerwony charakteryzuje się szczególnie niskimi stratami w zakresie od 160 do 10 m natomiast materiał żółty – w zakresie ok 10 – 50 MHz. Powyżej 10 MHz korzystniej jest stosować materiał nr 6.

Typ rdzenia	A_L materiał 2 (czerwony) [nH/zw.^{2}]	A_L materiał 6 (żółty) [nH/zw.^{2}]	Przekrój [mm^2]
T25	3,4	2,7	4,2
T30	4,3	3,6	6,5
T37	4,0	3,0	7,0
T44	5,2	4,2	10,7
T50	4,9	4,6	12,1
T68	5,7	4,7	9,6
T80	5,5	4,5	24,2
T94	8,4	7,0	38,5
T106	13,5	11,6	69,0
T130	11,0	9,6	73,0
T157	14,0	11,5	114
T184	24,0	19,5	204
T200	12,0	10,0	133



Rys. A.1. Zalecane zakresy częstotliwości dla poszczególnych materiałów proszkowych. Oznaczenia kolorów firmy Amidon (źródło: FA 6/2015)

Tabela A.2. Maksymalne wartości strumienia magnetycznego B dla rdzeni proszkowych firmy Amidon w zależności od częstotliwości wg FA 6/2015. Ich przekroczenie powoduje wejście w obszar nasycenia rdzenia i znaczący wzrost strat w nim

Częstotliwość [MHz]	B [mT]
0,1	50
1	15
7	5,7
14	4,2
21	3,6
28	3

Uwaga:. W publikacjach amerykańskich występuje czasem przestarzała i niedopuszczalna wg norm europejskich jednostka Gauss równa 10^{-4} Tesli.

Gęstość strumienia magnetycznego w rdzeniu oblicza się ze wzoru:

$$B[mT] = 2{,}255\frac{U[V]}{A[cm^2]Nf[MHz]}$$

Gdzie U jest wartością skuteczną napięcia występującego na cewce w woltach, A – przekrojem rdzenia w cm^2, N – liczbą zwojów, f – częstotliwością w MHz, a B – gęstością strumienia magnetycznego w mT (militeslach). Przykładowo dla cewki 15 zwojowej nawiniętej na rdzeniu T200 o przekroju 1,33 cm^2, przy napięciu 25 V dla częstotliwości 7 MHz otrzymujemy z powyższego wzoru B = 0,403 mT. Według tabeli A.2 maksymalną dopuszczalną wartością jest 5,7 mT, a więc rdzeń pracuje w bezpiecznym zakresie.

Tabela A.3
Najważniejsze parametry materiałów ferrytowych firmy Amidon

Parametr	**Materiał**					
	43	**61**	**67**	**68**	**75**	**77**
Zakres zastosowań rezonansowych [MHz]	0,01 – 1	0,2 – 10	10 – 80	80 – 180	0,001 – 1	0,001 – 2
Zakres zastosowań szerokopasm. [MHz]	1 – 50	10 – 200	200 – 1000	0,5 – 30	0,2 – 10	0,5 – 30
Zakres zastosowań dławikowych [MHz]	20 – 250	200 – 1000	> 1000	> 10000	10 – 50	10 – 40
Przenikalność µi	800	125	40	20	5000	2000
Granica nasycenia [mT]	275	235	300	200	430	460

Tabela A.4
Współczynniki A_L rdzeni ferrytowych firmy Amidon. Rdzenie nie są lakierowane kolorowo

Typ rdzenia	**A_L materiał 43 [nH/zw.^{2}]**	**A_L materiał 61 [nH/zw.^{2}]**
FT16	–	1,5
FT23	15,8	2,5
FT37	35,0	5,5
FT50	44,0	6,9
FT50A	48,0	7,5
FT50B	96,5	15,0
FT63A	52,0	8,0
FT82	47,0	7,5
FT82A	97,0	–
FT87	48,5	7,5
FT100	50,0	–
FT100A	64,5	–
FT100BN	100,0	–
FT114	51,0	8,0
FT114A	95,0	14,5
FT125	77,5	12,0
FT140	88,5	14,0
FT240	105,5	17,0
FT290	130,0	–
FT350	–	17,8

Tabela A.3. Długości pojedyńczego zwoju w cm dla rdzeni pierścieniowych firmy Amidon (źródło „QRP Report” 2/2003)

Rdzeń	dł. zwoju	Rdzeń	dł. zwoju	Rdzeń	dł. zwoju
T-12	0,414	T-184	5,842	FT-82	2,055
T-16	0,513	T-200	4,699	FT-87	2,121
T-20	0,640	T-225	4,953	FT-87A	3,391
T-25	0,831	T-225A	7,239	FT-114	2,654
T-30	1,046	T-300	5,283	FT-114A	2,718
T-37	1,082	T-300A	7,823	FT-140	3,810
T-44	1,344	T-400	7,747	FT-140A	4,298
T-50	1,466	T-400A	11,049	FT-150	3,175
T-68	1,778	T-520	9,449	FT-150A	4,445
T-80	2,032	FT-23	0,584	FT-193	4,902
T-94	2,555	FT-37	1,113	FT-193A	5,537
T-106	3,465	FT-50	1,511	FT-240	5,080
T-130	3,541	FT-50A	1,748		
T-157	4,470	FT-50B	3,018		

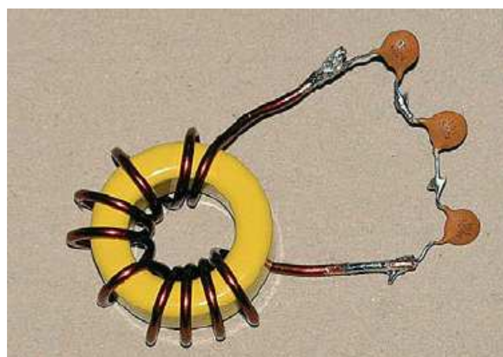
Dodatek B

Pułapki antenowe nawijane na rdzeniach pierścieniowych

W konstrukcjach anten wielopasmych występują często pułapki rezonansowe separujące części promiennika i skracające go w ten sposób dla pewnych pasm. Dla pasm pozostałych w zależności od stosunku częstotliwości pracy do ich częstotliwości rezonansowej stanowia one albo elementy przedłużające (indukcyjne) bądź skracające (pojemnościowe). Zestrojenie anteny wyposażonej w parę pułapek (po jednej na każdym ramieniu) może przysporzyć pewnych trudności, dających się jednak pokonać w warunkach amatorskich. Zestrojenie i dopasowanie anteny mającej dwie lub więcej par pułapek, a co za tym idzie trzy lub więcej par odcinków promiennika może być w warunkach amatorskich praktycznuie niewykonalne ze względu na sprzężenia obwodów i odcinków promieniujących między sobą. Rozwiązania takie są jednak spotykane w konstrukcjach fabrycznych. Niezależnie od tego ich wadą są straty energii powstające w cewkach i obniżające w mniejszym lub większym stopniu sprawności anten. Cewki obwodów są nawijane powietrznie lub na rdzeniach magnetycznych. Również i w tym przypadku korzystne jest użycie rdzeni pierścieniowych.

Tabela B.1. Parametry obwodów dla krótkofalowych pasm amatorskich

Pasmo [m]	Indukcyjność L [µH]	Pojemność C [pF]	Rdzeń	Liczba zwojów	Przewód Cuem [mm]
10	0,95	33	T94-6 (żółty)	11	1,5
12	0,78	47	T94-6 (żółty)	10	1,5
15	1,2	47	T94-6 (żółty)	13	1,0
17	1,65	47	T94-6 (żółty)	15	1,0
20	1,85	68	T94-6 (żółty)	16	1,0
30	2,47	100	T94-2 (czerw.)	17,5	1,0
40	5,1	100	T94-2 (czerw.)	24,5	1,0
80 (telegr.)	10,05	200	T100-2 (czerw.)	27	1,0
80 (fonia)	9,25	200	T94-2 (czerw.)	26	1,0



Fot. B.1. Obwód na 28 MHz z kondensatorami połączonymi w szereg



Fot. B.2. Obwód na 10,1 MHz z pojedyńczym kondensatorem

W przypadku trudności w zaopatrzeniu się w kondensatory o wystarczającej wytrzymałości napięciowej można stosować ich szeregowe połączenie, ale korzystnie jest aby były to kondensatory o tych samych pojemnościach ze względu na równomierny rozkład napięć na takim połączeniu.

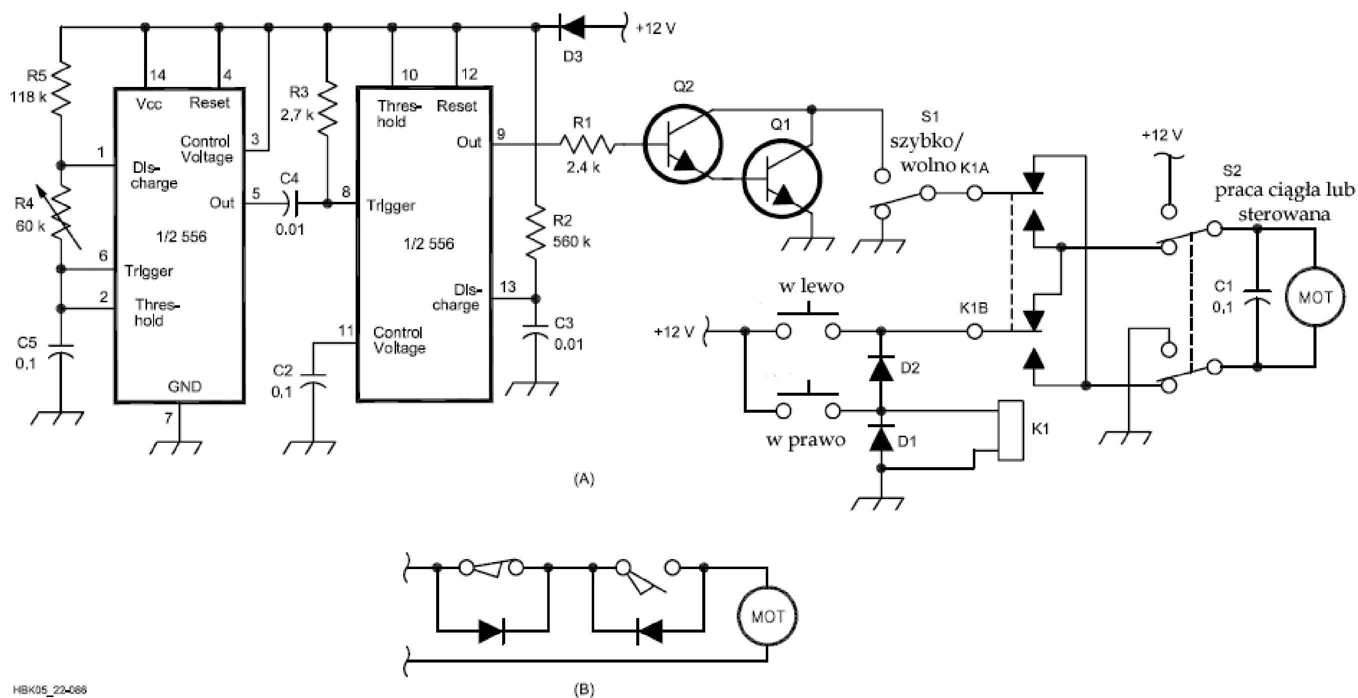
Dla mocy 100 W konieczne jest zapewnienie wytrzymałości napięciowej 2 – 2,5 kV.
Zbliżanie do siebie lub rozsuwanie zwojów powoduje zmiany indukcyjności w niewielkich granicach, wystarczających jednak do zestrojenia obwodów. W obwodzie przedstawionym na ilustracji B.3 uzyskano zmiany indukcyjności w zakresie 2,45 – 2,80 µH. Tabela i zdjęcia pochodzą z nru 8/2009 „Funkamateura".


Fot. B.3. Sposób nawinięcia 17,5 zwoja

Dodatek C

Układ sterowania silnika do zdalnego dprzestrajania obwodó dopasowujących i dostrajania anten

Opisany w „Handbooku ARRL" z 2009 r. układ umożliwia ciągłą pracę silnika elektrycznego lub pracę z dwoma szybkościami w obu kierunkach. Silnik ten może przez przekładnię obracać kondensatory strojeniowe w obwodach dopasowujących anteny lub w obwodach dostrajania anten magnetycznych lub innych typów. Zmiany szybkości pracy uzyskuje się dzięki modulacji szerokości impulsów prądu zasilającego silnik. Zasilany prądem zmiennym silnik B służy do ewentualnego przestrajania drugiego elementu zmiennego.



Rys. C.1. Schemat układu sterującego

Dodatek D

Średnice przewodów wg norm AWG i BWG

W publikacjach amerykańskich i brytyjskich średnice przewodów nawojowych są przeważnie podawanie nie w jednostkach długości, a odpowiednio w skalach AWG (American Wire Gauge) lub BWG (British Wire Gauge). Najczęściej spotykane wymiary podano w tabeli D.1. Tabela pochodzi z nru 1/1998 „QRP Reportu".

Tabela D.1. Średnice przewodów nawojowych według norm AWG (USA) i BWG (Wielka Brytania)

Nr	AWG mm	BWG mm
15	1,45	1,83
16	1,29	1,63
17	1,15	1,42
18	1,02	1,22
19	0,91	1,02
20	0,81	0,91
21	0,72	0,81
22	0,64	0,71
23	0,57	0,61
24	0,51	0,56
25	0,45	0,51
26	0,4	0,46
27	0,36	0,42
28	0,32	0,38
29	0,29	0,35
30	0,25	0,32
31	0,23	0,30
32	0,20	0,27
33	0,18	0,25
34	0,16	0,23
35	0,14	0,21
36	0,13	0,19
37	0,11	0,17
38	0,1	0,15
39	0,09	0,13
40	0,08	0,12
41		0,11
42		0,10

Dodatek E

Pojemności i współczynniki skrócenia kabli koncentrycznych

Tabela E.1. Pojemności własne i współczynniki skrócenia najczęściej używanych kabli koncentrycznych

Typ kabla	Pojemność [pF/m]	Współczynnik skrócenia
Aircell 7, Aircom Plus	74	0,83
Ecoflex 10, Ecoflex 15, Ecoflex 15 Plus, Ecoflex 15 Plus HTX	77	0,86
Ecoflex 10 Plus, Ecoflex 10 Plus HTX	78	0,85
H155, H500	82	0,81
H1001, H2000-Flex	80	0,83
RG-174, RG-58, RG-213, RG-214, RG-223	101	0,66
RG-142, RG-178, RG-196	93	0,7
RG-188, RG-316	95	0,7
Aircell 5	82	0,82

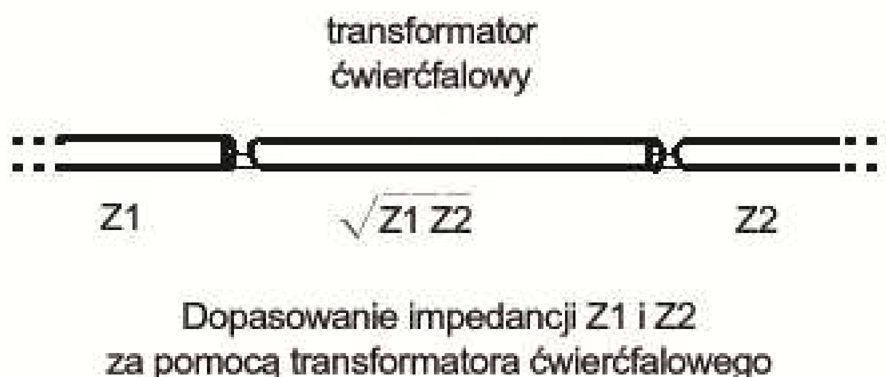
Dodatek F

Transformatory dopasowujące o długości 1/12 fali

Alternatywą do stosowanych powszechnie w zakresach krótkofalowych obwodów dopasowujących o stałych skupionych (elementach LC), takich jak obwody typu L, T lub Pi są obwody o stałych rozłożonych. Składają się one z odpowiednio dobranych odcinków linii przesyłowej włączonych równolegle do toru sygnału lub w szereg z nim. Rozwiązanie pierwsze, w którym w odpowiednio dobranej odległości od dopasowywanego obciążenia włączony jest równolegle (bocznikowo) strojnik zwarty lub rozwarty na końcu i posiadający odpowiednio dobraną długość pozostawmy na razie na uboczu i zajmijmy się rozwiązaniem dualnym – czyli strojnikiem szeregowym.

Do najbardziej znanych przedstawicieli tej grupy rozwiązań należy transformator ćwierćfalowy (rys. F.1). Jest on szeroko stosowany w technice w.cz. i składa się z odcinka linii zasilającej o długości elektrycznej λ/4 (dla obliczenia długości mechanicznej należy uwzględnić współczynnik skrócenia linii mnożąc wymaganą długość elektryczną przez niego) i impedancji falowej równej średniej geometrycznej obu dopasowywanych impedancji (czyli pierwiastkowi kwadratowemu z ich iloczynu):

$Z_0 = \sqrt{Z_1 \times Z_2}$



Rys. F.1.

Pewną wadą transformatorów ćwierćfalowych jest fakt, że wymagana (obliczona z powyższego wzoru) impedancja falowa transformatora nie zawsze da się osiągnąć z dostateczną dokładnością przy wykorzystaniu standardowych dostępnych kabli lub ich prostych połączeń równoległych albo szeregowych (przykładowo dla dopasowania obciążenia 50 Ω do kabla o oporności falowej 75 Ω impedancja falowa transformatora ćwierćfalowego musiałaby wynosić 61,2 Ω). Drugą wadą takiego transformatora (w zakresach niższych częstotliwości) może być ich znaczna – niepraktyczna – długość.
Większą liczbę stopni swobody czyli wariantów doboru parametrów linii dopasowujących (strojników) daje rozwiązanie przedstawione na rysunku F.2. Zastosowano w nim dwa odcinki dopasowujące o długościach L1 i L2 oraz impedancjach falowych Z1 i Z2. Pozwala to na dobranie impedancji falowych możliwych do osiągnięca za pomocą typowych dostępnych na rynku kabli. Nie wnikając w szczegóły obliczeń wyczuwamy już intuicyjnie, że możliwa jest w tym przypadku większa liczba rozwiązań (dokładniej rzecz biorąc opisany powyżej transformator ćwierćfalowy jest jednym z nich – przypadkiem szczególnym, w którym długość jednego z odcinków linii wynosi zero).
Jednym ze szczególnych przypadków rozwiązania szeregowego transformatora dopasowującego jest także transformator o długości λ/12. Składa się on, jak widać na rys. F.3 z dwóch odcinków linii zasilającej o impedancjach falowych równych obydwu dopasowywanym i o długościach równych w przybliżeniu λ/12. Dokładna długość (elektryczna) obydwu odcinków jest w pewnym stopniu zależna od stosunku dopasowywanych impedancji i może być obliczona ze wzoru podanego na rys. F.3 lub odczytana z wykresu z rys. F.4. W przypadku prowadzenia obliczeń w mierze łukowej, a nie w stopniach podział przez 360° we wzorze z rys. F.3 należy zastąpić przez podział przez 2 Pi. Wykres

z rysunku F.4 jest wprawdzie ograniczony do zakresu stosunku impedancji od 1 do 4, ale oczywiście możliwe jest uzyskanie dopasowania w szerszym zakresie. Długość mechaniczną odcinków linii otrzymuje się w wyniku przemnożenia uzyskanej na powyższe sposoby długości elektrycznej przez współczynnik skrócenia kabla, z którego są wykonane: Lm = L x Kskr. Dla popularnych kabli z izolacją polietylenową RG-58, RG-213 itp. wynosi on 0,66.



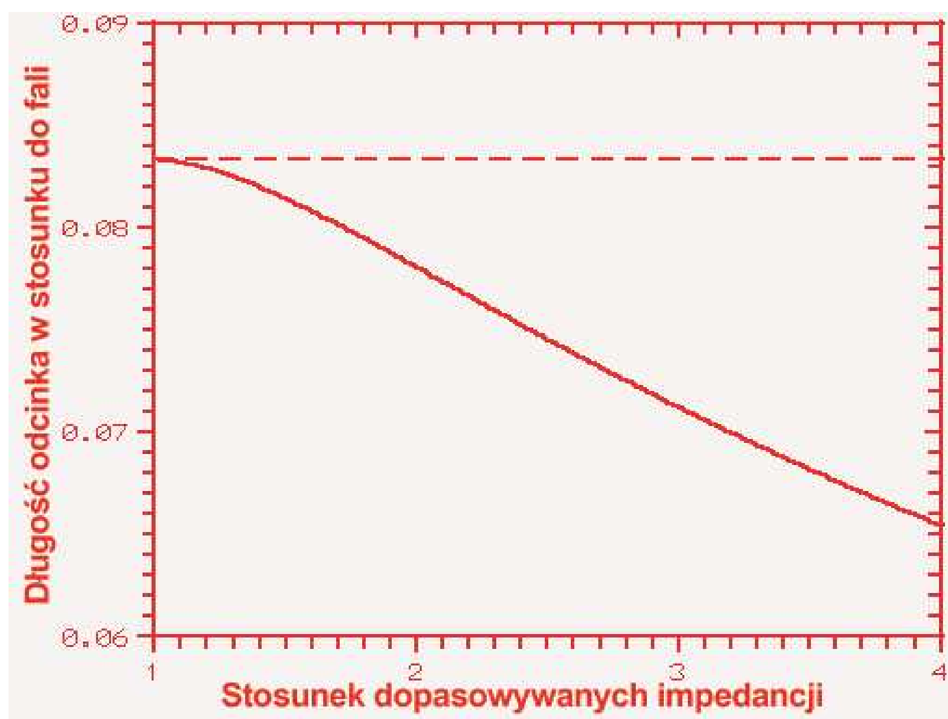
Rys. F.2



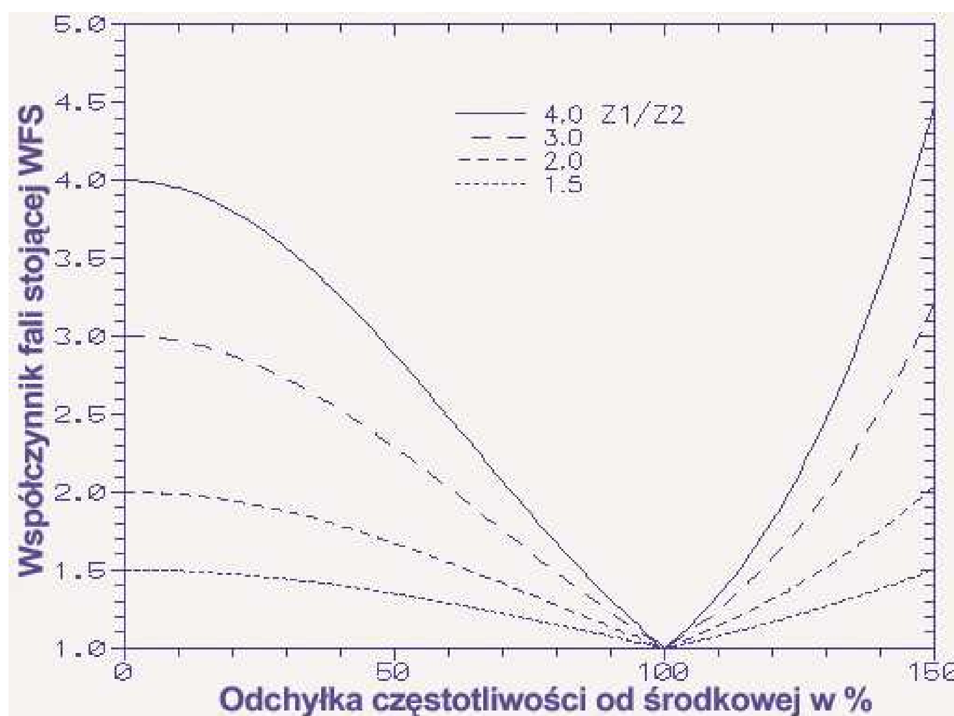
Rys. F.3

Podstawiając we wzorze z rys. F.3 ujemną wartość pierwiastka z M otrzymujemy w wyniku również ujemną długość L co po dodaniu połówki fali daje wynik zbliżony do 5/12 λ. Może on być wygodną alternatywą w zakresach wyższych częstotliwości gdzie odcinki λ/12 są już zbyt krótkie do praktycznego wykonania.
Z samej zasady działania układy oparte na odcinkach linii zasilających charakteryzują się ograniczonym zakresem częstotliwości pracy ale jak wynika z wykresu przedstawionego na rysunku F.5 dla niewielkich stosunków impedancji sprawa nie jest krytyczna. Kolejną zaletą omówionych transformatorów jest ich niewielka długość co minimalizuje wprowadzane przez nie straty.
Poszczególne odcinki linii mogą być ze sobą połączone za pomocą wtyków w.cz. lub nawet bezpośrednio zlutowane jak to widać na fot. F.6.

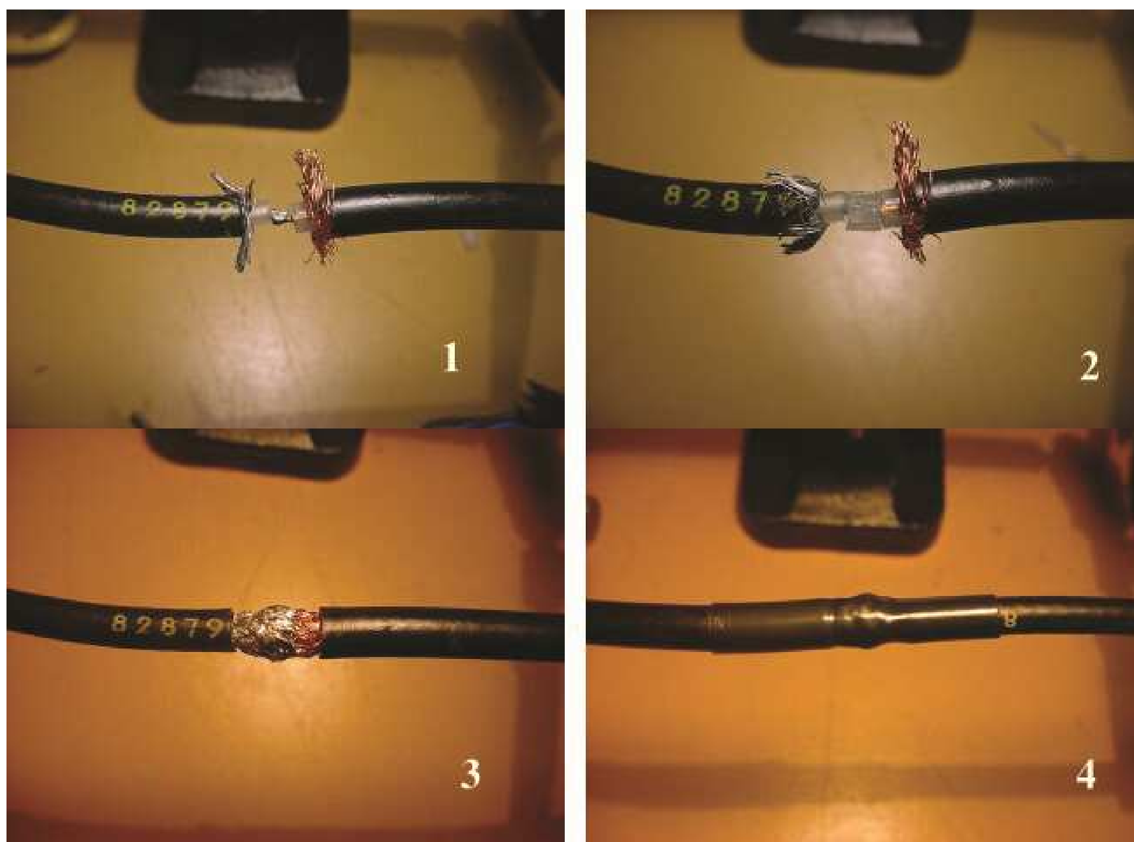
Jedną z sytuacji kiedy użycie transformatora λ/12 okazuje się szczególnie wygodne, jest dopasowanie kilku równolegle połączonych anten do wspólnego kabla zasilającego. Na rysunku F.7 widoczny jest przykład dopasowania dwóch anten 50 Ω do kabla o tej samej impedancji falowej. Jak widać cały obwód dopasowujący składa się z odcinka kabla 50 Ω i połączonych równolegle odcinków tego samego kabla w liczbie odpowiadającej liczbie anten (na ilustracji dwie). Dla dopasowania impedancji 12,5 Ω konieczne jest równoległe połączenie czterech odcinków kabla 50 Ω.
Sam pomysł nie jest nowością, ale niestety jest on zbyt mało znany w środowiskach krótkofalarskich. Czytelnikom obeznanym z wykresem Smitha autor proponuje przeanalizowanie powyższego rozwiązania za jego pomocą.



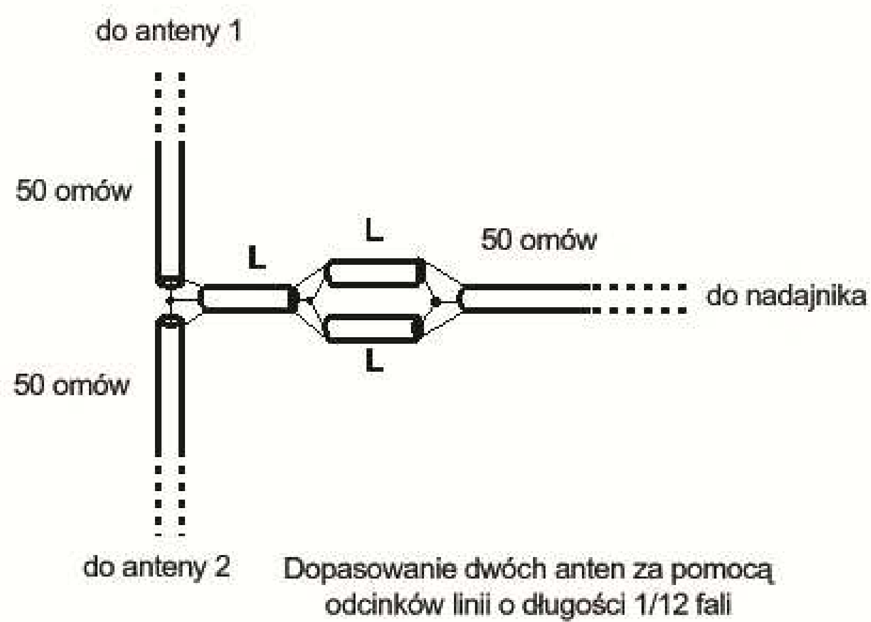
Rys. F.4



Rys. F.5


1
2
3
4

Fot. F.6


do anteny 1
50 omów
L
L
50 omów
do nadajnika
L
50 omów
do anteny 2
Dopasowanie dwóch anten za pomocą odcinków linii o długości 1/12 fali

Rys. F.7

Literatura i adresy internetowe

[1] „Stealth amateur radio“, Kirk Kleinschmidt, NT0Z, wyd. ARRL 2001
[2] „Rothammels Antennenbuch”, Alois Krischke, DJ0TR, wydanie 13, wyd. DARC 2013
[3] Roczniki czasopism „Funk” (Niemcy), Funkamateur” (Niemcy), CQDL (Niemcy), „CQDL Spezial” (Niemcy)„UKW-Berichte” (Niemcy), „QRP Report” (Niemcy), QSP (Austria), QST (USA), QEX (USA),
[4] „T–Antenne für das 160 m Band”, „Mitteilungen aus dem Institut für Umwelttechnik”, Nonnweiler-Saar, dr Walter Schau, DL3LH, www.rs-systems.info
[5] „20 m T-Monopole”, Steve Yates, AA5TB – www.aa5tb.com
[6] „Biblioteka polskiego krótkofalowca”, tom 18 „Łączności na falach długich”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA
[7] „ARRL Handbook” 2009, wyd. ARRL
[8] „Die HB9CV Antenne”, Franz Sichla, DL7VFS, wyd. VTH, Baden-Baden 2003, ISBN 3-88180-392-0
[9] „Zerlegbare HB9CV-Antenne für das 2 m Band”, Ulrich Graf, DK4SX, „Funkamateur” 4/2002, str. 394
[10] „Einfache HB9CV Antenne für das 70 cm Band”, Ulrich Graf, DK4SX, „Funkamateur” 5/2001, str. 564
[11] "Try a Twelfth-Wave Transformer", Darrel Emerson, QST, czerwiec 1997, nr 6
[12] "A Convenient Transformer for Matching Coaxial Lines", B. Bramham, Electronic Engineering, styczeń 1961, str. 42-44
[13] "Series-Section Transmission-Line Impedance Matching", QST, czerwiec 1978, str. 14-16
[14] "Impedance Matching with a Series Transmission Line Section" Proceedings of the IEEE, czerwiec 1971, str. 1133-1134
[15] "The Series-Section Transformer," Electronic Engineering, sierpień 1973, str. 33-34

W serii „Biblioteka polskiego krótkofalowca" dotychczas ukazały się:

Nr 1 – „Poradnik D-STAR", wydanie 1 i 2
Nr 2 – „Instrukcja do programu D-RATS"
Nr 3 – „Technika słabych sygnałów" Tom 1
Nr 4 – „Technika słabych sygnałów" Tom 2
Nr 5 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich" Tom 1
Nr 6 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich" Tom 2
Nr 7 – „Packet radio"
Nr 8 – „APRS i D-PRS"
Nr 9 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich" Tom 1
Nr 10 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich" Tom 2
Nr 11 – „Słownik niemiecko-polski i angielsko-polski" Tom 1
Nr 12 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów" Tom 1
Nr 13 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów" Tom 2
Nr 14 – „Amatorska radioastronomia"
Nr 15 – „Transmisja danych w systemie D-STAR"
Nr 16 – „Amatorska radiometeorologia"
Nr 17 – „Radiolatarnie małej mocy"
Nr 18 – „Łączności na falach długich"
Nr 19 – „Poradnik Echolinku"
Nr 20 – „Arduino w krótkofalarstwie" Tom 1
Nr 21 – „Arduino w krótkofalarstwie" Tom 2
Nr 22 – „Protokół BGP w Hamnecie"
Nr 23 – „Technika słabych sygnałów" Tom 3, wydanie 1 i 2
Nr 24 – „Raspberry Pi w krótkofalarstwie"
Nr 25 – „Najpopularniejsze pasma mikrofalowe"
Nr 26 – „Poradnik DMR"
Nr 27 – „Poradnik Hamnetu"
Nr 28 – „Budujemy Ilera" Tom 1
Nr 29 – „Budujemy Ilera" Tom 2
Nr 30 – „Konstrukcje D-Starowe"
Nr 31 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów" Tom 3
Nr 32 – „Anteny łatwe do ukrycia"

